مكتبة

الموت في ثقب أسود

ومآزق كونية أخرى

نيل ديغراس تايسون

ترجمة: رزان يوسف سلمان



لن ننسى تشرين . . 23

لن ننسى غزة والشهداء



الموت في ثقبٍ اسود

ومآزق كونيَّةٌ أخرى



الموتُ في ثقبٍ أسود ومآزق كونيّةٌ أخرى

Death by Black Hole: And Other Cosmic Quandaries

تأليف: نيل ديغراس تايسون

Neil deGrasse Tyson

ترجمة:

مراجعة ا



تصميم ا

ISBN:

الطبعة الا

دار ممدو

سوريا –

هاتف-ف

جوال: 7

البريد الإلكتروني: addar@mamdouhadwan.net

الموقع الإلكتروني: addar.mamdouhadwan.net

fb.com/Adwan.Publishing.House

twitter.com/AdwanPH

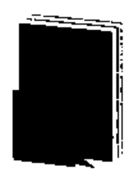
نيل ديغراس تايسون

الموتُ في ثقبٍ أسود

ومآزق كونيَّةٌ أخرى

ترجمة:
رزان يوسف سلمان

تمت ترجمة هذا الكتاب بمساعدة صندوق منحة معرض الشارقة الدولي للكتاب للترجمة والحقوق.



منحة الترجمة

Translation Grant

صندوق منحة الشارقة للترجمة

Sharjah Translation Grant Fund


تليجرام
هنا
سور الأزبكية

فهرس المحتويات



أعتقد أنّ الكون ليس أغرب ممّا نتخيّل فحسب، بل إنّه أغرب ممّا في استطاعتنا تخيّله.

جي. بي. إس. هالدن

Possible Worlds (1927)

مقدمة



لا أرى الكون مجموعةً من الأجسام، والنظريّات، والظواهر، بل أراه خشبة مسرحٍ واسعةً يتحرك عليها الممثلون مدفوعين بتعقيدات القصّة وحَبكَتِها؛ لذا عند الكتابة عن الكون، من الطبيعيّ أن تُحضِر القرّاء إلى المسرح، وما وراء الكواليس، ليرَوا عن كَثَبٍ بأنفسهم كيف تُحضّر المشاهد، وكيف تُكتَب السطور، وإلى أين ستجري الأحداث لاحقاً. يتمثّل هدفي دائماً وأبداً في إيصال نظرةٍ ثاقبةٍ لكيفيّة عمل الكون، وهو أمرٌ أصعب من مجرّد نقلٍ بسيطٍ للحقائق. ستصادفنا أوقات طوال الطريق -كما في أفضل العروض المسرحيّة- نبتسم فيها، وأُخرى نعبس عندما يدعونا الكون إلى ذلك، وفي أوقاتٍ أُخرى سنرتَعِدُ خوفاً أمامه أيضاً؛ لذلك أرى كتاب «الموت في ثقبٍ أسْود» بوابةً للقارئ إلى ما يثير حماستنا كلّه، وينوِّرنا، ويرعبنا في هذا الكون.

كلّ فصلٍ من فصول الكتاب نُشر سابقاً -بشكلٍ، أو بآخر- على صفحات مجلّة «التاريخ الطبيعيّ، *Natural History*» تحت عنوان: «الكون» خلال المدّة الممتدّة إلى إحدى عشرة سنةً منذ عام 1995 حتى 2005، ويمثّل الكتاب مجموعةً من أفضل هذه المقالات، ويتضمّن بعضاً من أكثرها انتشاراً، التي قمت بتحريرها لترتيب تسلسلها، ولإظهار اتّجاهاتٍ رائجةٍ الآن على ساحة العِلم.

أقدّم هذه المجموعة إليك، أيّها القارئ، فربّما تكون تسليةً مُرَحَّباً بها تغيِّرُ من رتابة الحياة اليوميّة.

نيل ديغراس تايسون

نيويورك

تشرين الأول 2006

شكر وتقدير

تتركّز خبرتي العلميّة على نحوٍ أساسيٍّ حول النجوم، والتطوّر النجميّ، والبُنى المَجرّيّة؛ لذلك لم أكُن لأكتب بثقةٍ في المواضيع المتنوّعة المندرجة ضمن هذه المجموعة بدون مساعدة زملائي الذين أحدثت تعليقاتهم على مقالاتي الشهريّة الفرقَ بين فكرةٍ بسيطةٍ موصوفةٍ وبين فكرةٍ دقيقةٍ بمعنىً مستمَدٍ من أقاصي الاكتشافات الكونيّة. في المسائل المتعلّقة بالنظام الشمسيّ، أدين بالشكر لريك بينزِل، زميلي السابق في الدراسات العليا، وأستاذ علوم الكواكب في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا الآن، فقد تلقّى الكثير من المكالمات الهاتفيّة منّي، في بحثي المضني عن تدقيقٍ واقعيٍّ لما أكتبُه، أو ما أخطّط لكتابته حول الكواكب وبيئاتها.

ومن بين المشاركين الآخرين في هذا الدور، أساتذة جامعة برينستون للفيزياء الفلكيّة: بروس دراين، ومايكل ستراوس، وديفيد سبِرغِل، الذين سمح لي مجموع خبراتهم في كيمياء الكون، والمجرّات، وعلوم الكونيّات، بوصولٍ أعمقَ إلى آفاقٍ كونيّةٍ لم يكن ممكناً بدون مساعدتهم؛ أمّا من بين زملائي الأقرب إلى هذه المقالات كان الأستاذ في جامعة برينستون أيضاً، روبرت لبتون، الذي ربّما لتلقّيه العلم في إنجلترا يبدو أنّه يعرف كلّ شيءٍ عن كلّ شيءٍ؛ إذْ اهتمّ روبرت بالتفاصيل العلميّة كما الأدبيّة لمعظم أجزاء هذا الكتاب، ما قدّم لي دعماً موثوقاً به في ما أكتبه كلّه، وهناك أيضاً زميلٌ آخر، واختصاصيٌّ كان يهتمّ بما أكتبه، هو ستيفن ستور، الذي كانت كتاباتي لتكون ناقصةً على نحوٍ ما لو لم يقدّم ملحوظاته عليها أوّلاً.

من عالم الأدب، أشكر إيلين غولدنسون، المحرِّرة الأولى لمقالاتي في مجلّة التاريخ الطبيعيّ Natural History Magazine، التي قامت بدعوتي لكتابة عمودٍ في المجلّة عام 1995 بعد سماعها لي في مقابلةٍ مع الإذاعة الوطنيّة العامّة، فوافقتُ حينها على الفور، وكان هذا العمل الشهريّ من أكثر الأعمال المتعبة والمبهجة لي، وأشكر آفيس لانج، محرِّرتي الراهنة التي تواصل الجهد الذي بدأته إيلين، والتي تحرص -من دون تهاونٍ- على أن أحافظ في مقالاتي على مبدأ:

«أقول ما أعني، وأعني ما أقول». أدين لكلٍّ منهما بالوقت الذي استثمرتاه لأصبح كاتباً أفضل، والآخرين الذين ساعدوا في تحسين محتوى الكتاب: فيليب برانفورد، وبوبي فوجِل، وإد جِنكينز، وآن راي جوناس، وبيتسي لِرنِر، ومردخاي مارك ماك-لو، وستيف نابير، ومايكل ريتشموند، وبروس ستوتز، وفرانك سمرز، وريان وايات، وأيضاً المتطوِّع من مكتب هايدن بلانيتاريوم، كيري بوهين-تينك، الذي قام بجهدٍ بطوليٍّ في مساعدتي في تنظيم «عالم» هذا الكتاب، والشكر الموصول إلى بيتر براون، رئيس تحرير مجلّة التاريخ الطبيعيّ؛ على دعمه الشامل لجهودي في الكتابة، ولمنحه الإذن لإعادة إنتاج المقالات التي اخترتها لهذا الكتاب.

لن تكتمل هذه الصفحة بدون تعبيرٍ موجزٍ عن الامتنان لستيفن جاي غولد، الذي نشر في عموده الخاصّ في مجلّة التاريخ الطبيعيّ «وجهة نظر في الحياة» قرابة ثلاثمئة مقال، حيث كتبنا معاً في المجلّة لسبع سنين، من عام 1995 حتّى عام 2001، ولم يمضِ يومٌ لم أشعر فيه بوجوده؛ إذْ ابتكر ستيفن عمليّاً شكل المقال الحديث، وتأثيره واضحٌ على عملي؛ فأينما أجد نفسي مضطّراً للتعمّق في تاريخ العلم، سألجأ إلى الكتب النادرة القديمة من القرون الماضية، وأقلّب صفحاتها الهشّة، كما كان يفعل ستيفن، مستخلصاً منها عيِّناتٍ غنيّةً من أعمال من سبقونا في محاولاتهم لفهم عمليّات العالَم الطبيعيّ، وتركَت وفاته المبكّرة في عمر الستّين -مثل وفاة كارل ساغان في عمر الثانية والستّين- فراغاً في عالم التواصل العلميّ ما زال حتّى يومنا هذا.

نيل ديغراس تايسون

تقديم المترجمة

لِمَ علينا النظر إلى الأعلى؟

نمرُّ بنظَرنا على العالَم من حولنا، فنجده ممتلئاً بالتناقض، تنهض فيه حضاراتٌ إنسانيّةٌ راقيةٌ، وتشتعل فيه حروبٌ وحشيّةٌ، ويزدحم بقضايا تحتاج إلى أسرع الحلول، وبينما نشهد هذه الأحداث ربّما نسأل: ما مكان عِلم الفلك في حياتنا؟ ما أهميّته، وما الذي يمكن أن يقدِّمه للإنسانيّة؟ ومن سيقدِّر جهود العلماء في التعرُّف إلى الكون، واكتشاف طرائقه في حين نعيش على الأرض بين نزاعاتٍ عنيفةٍ، وظروفٍ بيئيّةٍ واجتماعيّةٍ مُلِحَّةٍ وقاسية؟

يمكن للحاجة والأنانية أن تُقيِّد نظرتنا إلى العالَم معظم الوقت، فمن جهةٍ، رفاهية امتلاك الوقت اللّازم للسعي الفكريّ، والبحث العلميّ -عوضاً عن السعي لتأمين حاجات الحياة- ليست بمتناول الكثير منّا، ومن جهةٍ أُخرى، يضلّلنا وهْم الأهميّة الذاتيّة في أحيانٍ كثيرةٍ، فمآسي البشريّة تبدأ من وهْم أهميّة أحدٍ ما دون الآخرين؛ هذا النظر المُقيَّد بالحاجة والغرور -الذي لا يتجاوز الحدود الفرديّة، وحيث لا يتعدَّى إنجاز الإنسان فيه أكثر من تحقيق غرائزه وأهوائه- يُظهر مدى عدم النضج الجماعيّ الذي تقف عنده الإنسانيّة في فهمها للحياة.

لكنّ الإنسان اختار مرّةً أن ينظر بعيداً، أبعد من حدوده الفرديّة، وأن يبتعد عن موطنه المألوف، متجاوزاً حدود المعرفة الأولى للإنسانيّة، ومنذ تلك اللحظة بدأت هذه الحدود بالاتّساع أبداً، ومنذ رحلته الأولى، كان التوق إلى اكتشاف المجهول دافعاً للإنسان ليكتشف نفسه أيضاً، لو لم يمضِ أجدادنا الأوائل قُدُماً في ما كان مجهولاً في غابر الزمن، لكنّا جميعاً ما نزال نسكن الكهوف، ونطارد الفرائس بالعصيّ والحجارة، ولمَا عرفنا ما يمكن للإنسان أن يصل إليه.

إذنْ، يتغيّر العالم من حولنا بتغيُّر طريقة نظرنا، وعِلم الفلك هو محاولة الإنسان «النظر إلى الأعلى» بكلّ ما تحمله الكلمة من معنى، وبأكثر الطرائق تجريباً وتجريداً في الوقت نفسه. يجمع عِلم الفلك بين عِلم أصغر الأشياء (الذرّة وما دونها) وبين عِلم أكبرها (الكون وما فيه)،

ويستعين في مجاله بما يمكن أن يتوصّل إليه العِلم الإنسانيّ كلّه في مختلف المجالات: من فيزياء، وكيمياء، وعلم أحياء، وعلم طبقات الأرض، إلى الرياضيّات المعقّدة، والتقنيّات الفائقة، وحتّى الفلسفة، في حين كان اكتشاف حدودٍ جديدةٍ للمعرفة الإنسانيّة في مختلف العلوم، وما يزال، أمراً رافداً للوعي الإنسانيّ، ومقوِّضاً لوهم الأهميّة الذاتيّة، إلّا أنّ للاكتشافات الكونيّة النصيب الأكبر من هذه المهمّة؛ حيث غيَّرت اكتشافات عِلم الفلك نظرة الإنسان إلى عالَمه، وإلى نفسه مراراً وتكراراً خلال التاريخ، ولعلّ من أبسط الأمثلة على ذلك، ومن أهمّها أيضاً: تغيُّر إدراك الإنسان لمكانه في الكون عبر التاريخ؛ فبعد أن كانت الأرض مركز الكون، توسّعت معرفتنا لتصبح الشمس هي المركز، وبعد أن كان النظام الشمسيّ فريداً من نوعه، اكتشفنا أنّ هناك نجوماً عديدةً مع كواكب تدور حولها في مجرّة درب التبانّة، وبعد اعتقادنا أنّ مجرّة درب التبّانة هي الكون، اكتشفنا أنّ الكون ممتلئٌ بالمجرّات، وحتّى اليوم، تتوسّع حدود المعرفة مع نظريّاتٍ علميّةٍ جديدةٍ، مثل: نظريّة «الكون المتعدّد»، التي تقترح أنّ كوننا فقاعة من فقاعات لا تُعدّ، ولا تُحصى، التي تظهر وتختفي من نسيج الكون.

ومع نقلات الوعي هذه المترافقة بتلاشي وهْم مركزيّة الإنسان في الوجود، ترتقي الإنسانيّة في سلّم المعرفة؛ فعندما ننظر إلى الأعلى ونحاور الكون، نجده يدعونا إلى ألّا نكتفي بما تراه أعيننا، وأن نعرف أنّ رؤيتنا للعالم ليست ثابتةً، وأن نقبل أنّ هناك ما يتجاوز حدودنا الفرديّة، وأنْ نتواضع، ليس فقط أمام الكون الذي يزداد عظمةً مع كلّ اكتشافٍ، بل وأمام الجهد الإنسانيّ الجمعيّ المتواصل على مدى السنين لحلّ أسئلة الحياة والوجود.

لذا يمكن أن نجيب عن الأسئلة التي ابتدأنا بها بالتالي: إنّ سعي الإنسان لاكتشاف الكون يجلو بصيرته أمام حقيقةٍ يحجبها وهْم الأهميّة الذاتيّة، فمهما بلغ كِبَرُ الوهْم الذاتيّ للأنا، فإنّ الكون أكبر؛ هذا الفكر ذو الحدود المتغيّرة دائماً هو فكرٌ متحرّرٌ، هذا الفكر الكونيّ هو فكرٌ إنسانيٌّ ينبع من المعرفة، ويسمح لنا أن نتجاوز البحث الغريزيّ عن سدّ الحاجة والتملُّك، ولا يعني ذلك أنّ عِلم الفلك يقدِّم حلّاً فوريّاً لمشكلات المحتاجين والمُشرَّدين، ويوقف رحى الحروب الدائرة، لكنّه يسْهم في نضج الفكر الإنسانيّ الجمعيّ، وازدياد الوعي، وتجاوز الحدود الفرديّة، وكما يذكُرنا نيل تايسون في إحدى مقالاته[1]: «في الفضاء، حيث لا يوجد هواء، لن يرفرف عَلَم أيّة دولةٍ، فاكتشاف الكون ورفع عَلَم أيّة جماعةٍ بشريّةٍ أمران لا يجتمعان أبداً». فالعِلم ليس وسيلةً لرفع عَلَم أحد الأطراف، وليس وسيلةً لانتصار طرفٍ على طرفٍ، بلْ هو انتصارٌ للإنسانيّة كلّها على الجهل.

(1) Neil deGrasse Tyson, Cosmic Perspective, Natural History Magazine, The 100th Essay April 2007.

«الموت في ثقبٍ أسْود» هو طريقة نيل تايسون في إخبارنا عن الكون، وعن بعض الطرق التي سار فيها الإنسان ليصل إلى حصيلته المعرفيّة الراهنة، وماذا يمكن أن نرسم للمستقبل. يلقي تايسون الضوء على العديد من زوايا علم الفلك التي لا يمكن لحياتنا الراهنة المزدحمة أن تسمح لنا بتفحّصها. عند قراءة الكتاب سنضع نظّاراتٍ لأعيننا، ليست نظّارات مقرِّبة، أو مُبعِّدة، ولا نظّارات ملوّنة تجعلنا نرى العالم بلونٍ دون آخر، بل نظّارات مُغيِّرة، تكشف النظرةُ عبرها رؤيةً جديدةً لكلّ شيء.

يستهلُّ تايسون الكتاب بالحديث عن الحدود المتوسّعة للعلم دوماً، ويعرض في القسم الأوّل: ما قدّمه الفكر العلميّ وأدواته المستحدَثة من امتدادٍ لحواسّ الإنسان الطبيعيّة المحدودة، ما جعلنا نعرف ما لا نستطيع رؤيته، أو الوصول إليه فيزيائيّاً، وفي القسم الثاني: يسرد تايسون مسائل مختلفةً عن طبيعة الكون، تلك الطبيعة التي يعيش معظمنا حياته من دون أن يلتفت إليها، ويخبرنا في القسم الثالث: بعض المفردات التي تخاطبنا الطبيعة بها، وبعض النوافذ الكونيّة التي عرفنا وجودها، وتمكنّا من فتحها لنصل إلى المزيد من المعرفة، ويخبرنا باحتمال أن «تكون الأسئلة التي تكشف عمقَ الطبيعة هي تلك التي لم يسألها أحد بعد».

في القسم الرابع: يحدِّثنا تايسون عن رحلة المادّة والطاقة إلى أنْ تتشكَّل الحياة التي نعرفها على الأرض، تلك الرحلة التي تشبه «الدراما الملحميّة» التي لولا حدوثها لما أمكن لأيّ شكلٍ من أشكال الحياة على الأرض أن يظهر إلى الوجود، ونجد في القسم الخامس: مآزق كونيّة تهدّد الحياة كما نعرفها، وفي القسم السادس: يشرح تفاعل الناس مع اكتشافات وإنجازات العلم، ويذكِّرنا أنّه «عندما نتقصّى العالَم الطبيعيّ علميّاً، فإنّ الأسوأ من المُصدِّق الأعمى هو الشاهد المُنكِر». ويخصّص في هذا القسم فصلاً للمغالطات العلميّة في أفلام هوليوود السينمائيّة، في دعوةٍ منه لتفعيل المحاكمة المنطقيّة العلميّة لدى الناس، التي يغفل عنها الكثيرون، وفي القسم السابع: تتغيّر نظرتنا إلى أصغر التغييرات، حين نعلم أنّ التباين بمليار وواحد مقابل مليار بين جُسيمات المادّة والمادّة المُضادَّة صنع فرقاً أحدث الكون كلّه كما نعرفه الآن، وبذلك يغيّر علم الفلك إدراكنا لذاتنا ولِما يحصل حولنا كلّه، فالعلم -بالفعل- هو «فلسفة الاكتشاف».

ومع إدراكنا البُعد الإنسانيّ في البُعد الكونيّ، يمكننا القول: إنّ اكتشاف الكون هو خروجٌ من واقعٍ معروفٍ، عبر رحلةٍ فائقةٍ تتجاوز حدود الإدراك الإنسانيّ، إلى واقعٍ جديد، وهو في الوقت ذاته دخولٌ في عمقٍ جديدٍ للنفس الإنسانيّة، وبشعريّةٍ يمكننا القول معتمدين على أساسٍ علميٍّ: إنّ «الكون في داخلنا»؛ فنحن نسافر بعيداً لنعود إلى أنفسنا.

بعد أن ننتهي من قراءة الكتاب، ونبعد النظّارة التي وضعها تايسون لنا، سنجد أنّ رؤيتنا قد

تغيّرت. لم تتغيّر أعيننا، بل بصيرتنا وطريقة إدراكنا لأبعاد كنّا غافلين عنها، ليس لسببٍ إلّا أنّ عدم نضج الفكر الإنسانيّ يبقيه دائماً حبيس وهْم الأهميّة الذاتيّة، وهذا ما يغيُّره عِلم الفلك؛ إنّه يزيدنا نضجاً.

رزان يوسف سلمان

تمهيد
بداية العِلم

ما زال نجاحُ القوانين الفيزيائيّة المعروفة في تفسير العالَم من حولنا يتسبب باستمرار في بعض المواقف الواثقة والمغرورة تجاه المعرفة الإنسانيّة، خاصّةً عندما يُنظر إلى الفجوات الموجودة في هذه المعرفة على أنّها صغيرةٌ وغير مهمّة، ولم يكن العلماء الحائزون جائزة نوبل، وغيرهم من العلماء الموقَّرين، مُحصَّنين ضدّ هذا الموقف، فقد أُحرجوا هُم أنفسهم في بعض الحالات.

ظهر تنبّؤٌ مشهورٌ بِـ«نهاية العِلم» عام 1894، خلال الخطاب الذي ألقاه الحائز جائزة نوبل، ألبرت أ. مايكلسون، في مختبر ريرسون للفيزياء في جامعة شيكاغو:

> لقد اكتُشفت القوانين والحقائق الأساسيّة كلّها الأكثر أهميّةً في العلوم الفيزيائيّة، وهي الآن راسخةٌ بشدّة؛ بحيث أصبحت إمكانيّة استبدال اكتشافاتٍ جديدةٍ بها بعيدةً للغاية... ولم يتبقَ سوى جزء ضئيل جدّاً (المرتبة السادسة من الكسور العشريّة) من الاكتشافات المستقبليّة لنبحث عنها. (Barrow 1988، ص 173).

كان سيمون نيوكومب، وهو أحد ألمع علماء الفلك في عصره، وأحد مؤسِّسي الجمعيّة الفلكيّة الأمريكيّة أيضاً؛ يشارك مايكلسون في وجهة نظره في عام 1888 عندما قال: «نقترب الآن على الأرجح من أقصى حدود ما يمكن أن نعرفه عن عِلم الفلك» (1888، ص65). حتّى عالم الفيزياء العظيم، اللورد كلفن، الذي كما سنرى في القسم الثالث، سُمِّي مقياس الحرارة المُطلق باسْمه؛ وقع ضحيّةً يقينه عام 1901 بقوله: «لا يوجد أيّ جديدٍ ليُكتشف في الفيزياء الآن، كلّ ما تبقّى لفعله هو قياسات أكثر دقّة» (1901، ص 1). أُطلقت هذه التصريحات في وقتٍ كانت ما تزال فيه بعض الافتراضات غير الصحيحة قائمةً، مثل: الافتراض بوجود أثيرٍ مُضيءٍ يعمل كوسيطٍ

ينتشر الضوءُ خلاله عبْر الفضاء، وأنّ الانحراف الطفيف بين المسار المرصود وبين المسار المُتوقَّع لعطارد حول الشمس حقيقيٌّ، ولم يُعلّل سببه بعْد. كان يُنظر إلى هذه المعضلات في ذلك الوقت على أنّها صغيرةٌ، وربّما لا تتطلّب أكثر من تعديلاتٍ بسيطةٍ على القوانين الفيزيائيّة المعروفة لتحتويها.

من حُسْن الحظّ، تمتّع ماكس بلانك -أحد مؤسّسي ميكانيكا الكمّ- ببصيرةٍ ثاقبةٍ أكثر من معلّمه، وقد تحدّث في محاضرةٍ له عام 1924 عن نصيحةٍ قُدِّمت له عام 1874:

> عندما بدأتُ بدراسة الفيزياء، وطلبتُ النصيحة من أستاذي الموقَّر فيليب فون جولي... صوّر لي الفيزياء على أنّها عِلمٌ متطوّرٌ للغاية، وناضجٌ بالكامل. قد تكون هناك في زاويةٍ، أو أخرى، ذرّة غبارٍ، أو فقاعةٌ صغيرةٌ علينا دراستها وتصنيفها، لكنّ النظام ككلّ راسخٌ ومتينٌ جداً، وأنّ الفيزياء النظريّة اقتربت بوضوحٍ من درجة الكمال التي تشبه على سبيل المثال: كمالَ عِلم الهندسة الثابت منذ قرون. (1996، ص 10).

في البداية، لم يكن لدى بلانك أيّ سببٍ ليشكّ في آراء معلّمه، لكنْ عندما لم يتمكّن فهْمُنا الكلاسيكيّ لكيفيّة «إشعاع المادّة للطاقة» من التوافق مع التجربة، أصبح بلانك معارضاً ثوريّاً عام 1900 باقتراحه وجود الكمّ، وهي وحدة الطاقة غير القابلة للتجزئة، التي بشّرت بعصر فيزياء جديدة، وستشهد السنوات الثلاثون التالية لذلك اكتشاف نظريّتي: النسبيّة العامّة والخاصّة، وميكانيكا الكمّ، ونظريّة الكون المتوسّع.

تجاه قِصَر النظر السابق كلّه، قد تعتقد أنّه لا بدّ من أنّ عالِم الفيزياء الرائع، ريتشارد فاينمان، قد كان أكثر حكمةً، لكنْ في كتابه الساحر عام 1965 «سمات القانون الفيزيائيّ»، أعلن:

> نحن محظوظون للغاية؛ لأنّنا نعيش في عصرٍ ما زلنا نحقّق فيه اكتشافاتٍ جديدةً... هذا العصر هو عصر اكتشاف قوانين الطبيعة الأساسيّة، ولن يتكرّر هذا العصر أبداً. إنّه أمرٌ حماسيٌّ للغاية، إنّه لأمرٌ مذهلٌ! لكنّ هذه الحماسة ستنتهي.(Feynman 1994، ص 166).

لا أدّعي امتلاكي معرفةً خاصّةً بالموعد الذي تحلّ فيه نهاية العِلم، أو أين يمكن أن نجد هذه النهاية، أو إن كانت هذه النهاية موجودةً أم لا؛ ما أعرفه هو أنّ الجنس البشريّ أكثر حماقةً ممّا نعترف به لأنفسنا، ذلك أنّ حدود مَلَكاتنا العقليّة، وليس بالضرورة حدود العِلم نفسه؛ تؤكّد لي أنّنا بدأنا في الحال اكتشاف الكون.

لنفترض -في الوقت الراهن- أنّ النوع البشريّ هو النوع الأذكى على الأرض، وإذا قمنا -بهدف المناقشة- بتعريف «الذكاء» بقدرة نوعٍ ما على فهْم الرياضيّات المجرّدة، فربّما يفترض

المرء كذلك أنّ البشر هُم النوع الذكيّ الوحيد الذي عاش على الإطلاق. ما الفرص المُتاحة لهذا النوع الذكيّ الوحيد في تاريخ الحياة على الأرض، في امتلاك الذكاء الكافي لاكتشافٍ كاملٍ لكيفيّة عمل الكون؟ على سبيل المثال: يفصلنا عن الشمبانزي مقدار شعرةٍ من التطوّر، ومع ذلك يمكننا أن نتّفق على أنّه لا يمكن لأيّ مقدارٍ من التعليم أن يجعل من الشمبانزي ماهراً في حلّ مسائل عِلم المثلّثات. تخيّل الآن نوعاً ما على الأرض، أو في أيّ مكانٍ آخر من الكون، يفوقُنا ذكاءً بالمقدار الذي نفوق به الشمبانزي، فما مقدار ما اكتشفوه من الكون؟

يعرف من يلعب لعبة (تيك تاك توك) أنّ قواعد اللّعبة بسيطةٌ بما فيه الكفاية ليكون من السهل الفوز، أو التعادل في كلّ لعبةٍ، إن كنت تعرف الخطوات الأولى التي يجب القيام بها، لكنّ الأطفال الصغار يلعبونها كما لو كانت النتيجة قصيّةً وغير معروفة، وقواعد الاشتباك أيضاً واضحةٌ وبسيطةٌ في لعبة الشطرنج، لكنّ صعوبة التنبّؤ بتسلسل حركات خصمك يزداد باضطّرادٍ مع تقدّم اللّعبة؛ لذا فإنّ البالغين، وحتّى الأذكياء والموهوبين منهم؛ يواجهون تحدّياً في أثناء اللّعبة، ويلعبونها كما لو أنّ النهاية هي لغزٌ غامض.

لنذهب إلى إسحق نيوتن، الذي يتصدّر قائمتي الخاصّة لأذكى الأشخاص الذين عاشوا على الإطلاق، (لست الوحيد الذي يعتقد ذلك، فقد نُقش على تمثاله النصفي في كليّة ترينتي في إنجلترا العبارة الآتية: «*Qui genus humanum ingenio superavit*» التي تُترجم من اللاتينيّة: «الذي تفوّق على ذكاء الجنس البشريّ»). ولننظُر إلى تقييمه لحالته المعرفيّة:

> لا أعرف كيف أبدو بالنسبة إلى العالَم؛ لكنّني لا أرى نفسي أكثر من طفلٍ صغيرٍ يلعب على شاطئ البحر، ويلهو بين الحين والآخر بإيجاد حصاةٍ أنعم، أو صَدَفةٍ أجمل من المعتاد، بينما يمتدّ محيط الحقيقة غير المُكتَشَف أمامي. (Brewster 1860، ص 331).

حتى الآن، كشفَت رقعة شطرنج الكون عن بعض قواعدها، لكن معظمها ما زال يعمل بغموض، كما لو أنّ هناك قوانينَ سرّيّةً مخفيّةً تلتزم بها، وهي أشبه بقواعد غير موجودةٍ في الكتب التي ألفناها حتّى هذه اللّحظة.

يجب التأكيد على أنّ التمييز بين معرفة الأشياء والظواهر التي تعمل ضمن معايير القوانين الفيزيائيّة المعروفة، ومعرفة القوانين الفيزيائيّة نفسها، هو أمرٌ أساسيٌّ لأيّ تصوُّرٍ يمكن للعِلم أن ينتهي به، فمثلاً: اكتشاف حياةٍ على كوكب المرّيخ، أو تحت الطبقات الجليديّة الطافية لقمر المشتري يوروبا، سيكون أعظم اكتشافٍ على الإطلاق، ومع ذلك، يمكنك أن تراهن على أنّ فيزياء وكيمياء ذرّاتها ستكون مماثلةً لفيزياء وكيمياء الذرّات هنا على الأرض؛ أي: لا توجد ضرورة

لقوانين جديدة لهذا الاكتشاف، لكنْ لنلقِ نظرةً خاطفةً على بعض المشكلات التي لم تُحلّ بعْد في الفيزياء الفلكيّة الحديثة، التي تكشف مدى جهلنا المعاصر وعمقه؛ لأنّ حلولها، كما نعرف جميعاً، تحتاج إلى اكتشاف فروعٍ جديدةٍ تماماً للفيزياء.

وعلى الرغم من أنّ ثقتنا في وصف نظريّة الانفجار العظيم The Big Bang Theory لنشوء الكون كبيرةٌ جدّاً، فإنّه لا يمكننا إلّا التخمين فيما يقع خارج أفقنا الكونيّ، على بُعد 13.7 مليار سنةٍ ضوئيّةٍ منّا، يمكننا فقط التكهّن بما حدث قبل الانفجار العظيم، أو لماذا حدث هذا الانفجار في المقام الأوّل. تقترح بعض تنبّؤات ميكانيكا الكمّ أنّ كوننا المتوسّع ناتجٌ من تذبذبٍ واحدٍ لرغوةٍ بدائيّةٍ للزمكان، مع تذبذباتٍ أُخرى لا تُحصى تولّد أعداداً لا تُحصى من الأكوان الأُخرى.

وعند دراسة حالة الكون بعد مدّةٍ وجيزةٍ من الانفجار العظيم، في أثناء محاولتنا جعل الحواسيب تصنع نموذجاً لمئة مليارٍ من مجرّات الكون، نواجه مشكلةً في مطابقة بيانات الرصد معاً من وقتٍ مبكّرٍ، ووقتٍ متأخرٍ من عُمر الكون، ونجد أنّ الوصول إلى وصفٍ مترابطٍ ومُحكمٍ لتشكيل وتطوّر البنية الواسعة للكون ما زال أمراً بعيد المنال، ويبدو أنّنا نفتقد بعض الأجزاء المهمّة من الأحجية.

من ناحيةٍ أُخرى، بدت قوانين نيوتن للحركة والجاذبيّة جيّدةً لمئات السنين، إلى أن احتاجت إلى التعديل من قِبل نظريّات أينشتاين في الحركة والجاذبيّة، وهي نظريّات النسبيّة التي تسود في الفيزياء الفلكيّة الآن، كما تسود أيضاً ميكانيكا الكمّ، التي تَصِفُ عالمنا الذرّيّ والنوويّ، إلّا أنّ ما نجده حتّى الآن، هو أنّ نظريّة أينشتاين للجاذبيّة لا تتوافق مع ميكانيكا الكمّ، حيث تتنبأ كلٌّ منهما بظواهر مختلفة في المجال الذي تطبّق فيه؛ أي: إنّ على أحدهما الاستسلام، فإمّا أنّ هناك جزءاً مفقوداً من جاذبيّة أينشتاين يمكّنها من قبول ميكانيكا الكمّ، وإمّا العكس؛ أي: هناك جزءٌ مفقودٌ من ميكانيكا الكمّ يمكّنها من قبول جاذبيّة أينشتاين.

ربّما هناك احتمال ثالث: نظريّة أكبر وأشمل تحلّ محلّ كليهما، وبالفعل، اختُرعت نظريّة الأوتار، وقامت بهذا الدور تماماً؛ إذْ تُعيد نظرية الأوتار أصل وجود المادّة كلّها، والطاقة، وتفاعلاتها، إلى الوجود البسيط لأوتارٍ مهتزّةٍ من الطاقة ذات أبعادٍ أعلى؛ حيث تكشف الأنماط المختلفة للاهتزاز عن نفسها، في أبعادنا المعروفة المتواضعة من الزمان والمكان، كجُسيماتٍ مختلفةٍ، وقِوى متنوّعة، ومع أنّ لنظريّة الأوتار مؤيّديها منذ أكثر من 20 سنة، لا يزال التحقّق من فرضياتها وصولاً إلى التأكّد من شكليّاتها واقعاً خارج نطاق قدراتنا التجريبيّة الحاليّة، وعلى الرغم من الشكوك الكثيرة، لكنّ الكثيرين متفائلون بهذه النظريّة.

إضافةً إلى ذلك، ما زلنا لا نعرف الظروف، أو القِوى التي مكّنت المادّة غير الحيّة من الدخول في حالة الحياة كما نعرفها. هل يفوق قدراتنا إدراك آليّةٍ، أو قانونٍ للتنظيم الذاتيّ الكيميائيّ؛ لأنّنا لا نمتلك ما نقارن به علم الأحياء الأرضيّ خاصّتنا، وعلى ذلك، لا نقدر على تقييم ما هو أساسيٌّ، وما هو غير ذي صلةٍ بتكوُّن الحياة؟

ونعرف أيضاً منذ العمل الأساسيّ لإدوين هابل في عشرينيّات القرن العشرين أنّ الكون يتوسَّع، وعرفنا لاحقاً أنّ الكون يتسارع أيضاً، بضغطٍ من مادّةٍ مُضادَّةٍ للجاذبيّة يُطلق عليها اسم «الطاقة المظلمة»، التي ليس لدينا فرضيّة فعّالة الآن لفهْمها.

وحتّى الآن، وبصَرف النظر عن مدى ثقتنا في ملحوظاتنا وتجاربنا، وبياناتنا ونظريّاتنا، نعود إلى المنزل كلّ يومٍ مُدركين أنّ 85% من جاذبيّة الكون تأتي من مصدرٍ غامضٍ غير معروفٍ ما يزال حتّى الآن غير مكتَشفٍ تماماً بالوسائل كلّها التي ابتكرناها لنرصد الكون، وما يمكننا قوله كلّه: إنّها ليست مؤلّفةً من أشياء عاديّةٍ، مثل: الإلكترونات، والبروتونات، والنيترونات، أو أيّ شكلٍ من المادّة، أو الطاقة التي تتفاعل معها، ندعو هذه المادّة الشبحيّة «المادة المظلمة»، وتبقى من بين أعظم المآزق الكونيّة.

هل يبدو أيٌّ ممّا سبق الحدّ الأقصى للعِلم؟ هل يجعلنا أيٌّ من ذلك نبدو مُمسكين بزمام وضعنا في الكون؟ هل يمنحنا الحقّ في أن نهنّئ أنفسنا بمعرفتنا؟ بالنسبة إليّ، يجعلنا ما سبق نبدو حمقى لا حول لهم ولا قوّة، ولا نختلف ربّما عن أبناء عمومتنا من قردة الشمبانزي الذين يحاولون تعلُّم نظريّة فيثاغورث. ربّما أكون قاسياً على الإنسان العاقل، وبالغتُ كثيراً في تشبيه الشمبانزي. ربّما ليس السؤال ما مدى ذكاء الفرد الواحد من النوع، بل ما مدى ذكاء القوّة العقليّة الجمعيّة للنوع كلّه، يتشارك البشر -عبر المؤتمرات، والكتب، ووسائل الإعلام الأُخرى، والإنترنت بالطبع- اكتشافاتهم مع بعضهم، وفي حين أنّ الاصطفاء الطبيعيّ هو الموجّه للتطوّر الداروينيّ، إلّا أنّ نموّ الثقافة البشريّة لاماركي[1] على نحوٍ كبيرٍ؛ حيث تَرِث الأجيال الجديدة من البشر الاكتشافات المُكتسبَة من الأجيال السابقة، ما يمنح البصيرة الكونيّة للتراكم تراكماً معرفياً لا محدوداً.

ما يمكنني قوله: إنّ كلّ اكتشافٍ علميٍّ يضيف درجةً إلى سُلَّم المعرفة الذي لا ندرك نهايته؛ لأنّنا نبني السُلَّم بينما نمضي قُدُماً، وخلال بنائنا هذا السُلَّم، وصعودنا عليه، سنكتشف -دائماً وإلى الأبد- أسرار الكون واحداً تلو الآخر.

(1) ميزة «وراثة الخصائص المكتسَبة» التطوريّة، التي تعود إلى جان باتيست لامارك. (المترجمة).

القسم الأوّل

طبيعة المعرفة

تحدّي معرفة ما هو قابلٌ للمعرفة في الكون

- 1 -

عودةٌ إلى حواسنا!

«مُجهَّزاً بحواسّه الخمس، يستكشف الإنسان الكون من حوله، ويدعو المغامرةَ عِلماً».

- إدوين بّي. هابل (1889-1953)، طبيعة العِلم.

من بين حواسّنا الخمس، البصر هو أكثرها تميّزاً؛ إذْ تسمح لنا أعيننا بتسجيل المعلومات ليس من أنحاء الغرفة جميعها التي نوجد فيها فحسب، بل من أنحاء الكون جميعها أيضاً، ولولا البصر لما وُلد علم الفلك أبداً، ولكانت قدرتنا على تقدير مكاننا في الكون قاصرةً على نحوٍ يائس. فكّر مثلاً: في الخفافيش، فمهما كانت الأسرار التي تتوارثها من جيلٍ إلى آخر، يمكنك أن تراهن على أنّ أيّاً منها لا يتعلّق بمظهر السماء، ومواقع النجوم.

عند التفكير بحواسّنا كمجموعةٍ من الأدوات التجريبيّة، نجد أنّها تتمتّع بحدّةٍ مدهشةٍ، وحساسيّةٍ عاليةٍ، فمثلاً: يمكن لآذاننا أن تسجّل الدويَّ الهادر لإطلاق مكّوكٍ فضائيٍّ، وكذلك يمكنها أن تسمع طنين بعوضةٍ تطنّ على بُعد قدمٍ من رؤوسنا؛ أمّا حاسّة اللّمس، فتسمح لنا بالشعور بثقل كرة بولينغ تسقط على إصبع قدمنا، تماماً كما تسمح بمعرفة إن كانت حشرة تَزِن ميليغراماً واحداً تزحف على ذراعنا، ويستمتع بعض الناس بمضغ فلفل الهابانيرو، بينما تستطيع الألسنة الحسّاسة التعرُّف إلى نكهات الطعام على مستوى أجزاءٍ من المليون، ويمكن لأعيننا إدراك التضاريس الرمليّة اللامعة على شاطئٍ مشمسٍ، وهذه الأعين نفسها لا تواجه أيّة مشكلةٍ في اكتشاف عود ثقابٍ واحدٍ أُشعل حالاً على بُعد مئات الأقدام في قاعةٍ مظلمة.

لكنْ قبل أن نذهب بعيداً في مدح أنفسنا، نلْحظ أنّ ما نكسبه في المدى نخسره في الدقّة:

إذْ تستشعر حواسّنا منبّهات العالم بتزايدٍ لوغاريتميٍّ عوضاً عن تزايدٍ خطّيٍّ، مثلاً: إذا رفعتَ طاقة مستوى الصوت بمقدار 10 أضعاف، ستلْحظ أذناك تغيّراً بسيطاً؛ أمّا إذا رفعتها بمقدار ضعفين، فبالكاد ستلْحظ أذناك أيّ شيء، وينطبق الأمر ذاته على قدرتنا على رصْد الضوء. إنْ سبق لك أن شاهدتَ كسوفاً كليّاً، فربّما لَحظتَ أنّه يتوجّب أن يغطّي القمر قرص الشمس بنسبة 90% قبل أن يقول أحدهم: إنّ السماء قد أظلمت. إنّ مقياس السطوع النجميّ، ومقياس الديسيبل الصوتيّ المعروف، ومقياس شدّة الزلازل؛ كلّها مقاييس لوغاريتميّة، ويعود ذلك نوعاً ما إلى ميلنا البيولوجيّ لرؤية العالم، وسماعه، والإحساس به بهذه الطريقة.

ماذا إن كانت هناك أمور تتجاوز حواسّنا؟ هل هناك سبيلٌ للمعرفة يتجاوز تفاعلنا البيولوجيّ مع البيئة؟

ضع في الحسبان أنّه على الرغم من أنّ الآلة البشريّة جيّدةٌ في فكّ رموز أساسيّات بيئتنا المباشرة، مثل: تمييز اللّيل عن النهار، أو عندما يوشك مخلوقٌ ما على الْتهامنا، فإنّ موهبتها ضعيفةٌ جدّاً في فكّ رموز عمل بقيّة الطبيعة بدون أدوات العِلم؛ لذا إنْ أردنا معرفة ما يوجد حولنا بدقّة، فإنّنا نحتاج إلى أجهزة كَشفٍ بخلاف تلك التي نولد بها، وفي الحالات كلّها تقريباً، تتمثّل وظيفة الأجهزة العلميّة في اكتشاف ما يتجاوز مدى حواسّنا ودقّتها.

يتباهى بعض الناس بامتلاكهم حاسّةً سادسةً؛ إذْ يدّعون معرفتهم، أو رؤيتهم أشياء لا يستطيع الآخرون معرفتها، أو رؤيتها. يتربّع العرّافون، وقارؤو الأفكار، والمتصوّفون، على رأس قائمة هؤلاء الذين يدّعون امتلاكهم قوى غامضة، وعلى ذلك هُم يبهرون الآخرين، خاصّةً ناشري الكتب، ومنتجي البرامج التلفزيونيّة، ويستند هذا المجال المشكوك فيه، المُسمّى علم النفس الموازي، على الاعتقاد أنّ بعض الأشخاص يتمتّعون فعلاً بمواهب كهذه، وبالنسبة إليّ، فإنّ اللّغز الأكبر هو لِمَ يختار العديد من العرّافين العمل في استقبال الاتّصالات الهاتفيّة من الناس على شاشات التلفاز ليخبروهم عن طالِعهم عوضاً عن جَنْي أرباحٍ جنونيّةٍ من العقود الآجلة في وول ستريت، وهناك عنوانٌ رئيسٌ في الأخبار لم يره أحدٌ منّا: «وسيطٌ روحانيٌّ يربح اليانصيب».

من ناحيةٍ أُخرى، يشير الإخفاق المستمرّ لتجارب التعمية المزدوجة[1] المُتحكَّم بها -التي تهدف إلى إثبات ادّعاءات علم النفس الموزاي- إلى أنّ ما يحدث هو مجرّد هراءٍ عوضاً عن وجود حاسّةٍ سادسة.

(1) تجارب التعمية هي أداة من أدوات البحث العلميّ، تقوم على حجب المعلومات عن الباحث و/أو المشارك في التجربة، وذلك لإزالة التحيُّز، الذي قد يحدث عمداً أو لا شعوريّاً، للوصول إلى نتائج أمينة. (م).

في الجهة المقابلة، يمتلك العلم الحديث عشرات الحواس، ولا يدّعي العلماء أنّ هذه الحواس هي قوى خاصّة، بل هي مجرّد أجهزةٍ خاصّة، وبالطبع تقوم هذه الأجهزة في النهاية بتحويل المعلومات التي جُمعت بوساطة هذه «الحواس» الإضافيّة إلى جداول بسيطةٍ، أو مخطّطاتٍ، أو رسومٍ بيانيّةٍ، أو صورٍ يمكن لحواسّنا الخمس التي وُلدنا بها تفسيرها. نتذكّر جميعاً في مسلسل الخيال العلمي «ستار تريك»، كان الطاقم الذي يهبط من سفينته الفضائيّة على سطح كوكبٍ مجهولٍ، يحمل معه دائماً جهاز مسحٍ ثلاثيٍّ، جهازاً محمولاً، يمكنه تحليل أيّ شيءٍ يواجه الطاقم -سواء كان حيّاً أم جماداً- إلى خصائصه الأساسيّة، وعند التلويح به فوق الجسم المعنيّ، يصدر الجهاز صوتاً فضائيّاً مسموعاً يقوم مستخدم الجهاز بتفسيره.

الآن، لنفترض وجود لطخةٍ متوهّجةٍ من مادّةٍ غير معروفةٍ موضوعةٍ أمامنا مباشرةً، فبدون مساعدة أداةٍ تشخيصيّة، مثل: الماسح الثلاثيّ من سلسلة «ستار تريك»، سنجهل التكوين الكيميائيّ، أو النوويّ للّطخة، ولن نتمكّن من معرفة ما إذا كان لها حقلٌ مغناطيسيٌّ أم لا، أو إن كانت تبعث أشعّة غاما بقوّةٍ، أو أشعّةً سينيّةً، أو أشعّةً فوق بنفسجيّة، أو أمواجاً صُغريّةً (ميكرويّة)، أو أمواج راديو، ولن نتمكّن من معرفة إن كانت بُنية اللطخة خلويّةً أم بلوريّة، وفي حال كانت اللّطخة بعيدةً في الفضاء، لدرجة أنّها تظهر كنقطةٍ ضوئيّةٍ مجهولةٍ في السماء، فإنّ حواسّنا الخمس لن تقدّم لنا أيّة معرفةٍ عن بُعدها، أو سرعتها في الفضاء، أو معدّل دورانها، وكذلك لن نتمكّن من رؤية طيف الألوان المكوّن للضوء المنبعث منها، ولا إن كان هذا الضوء مستقطباً أم لا. من غير وجود أجهزةٍ تساعدنا في التحليل، ومن غير رغبةٍ ملحّةٍ على الاقتراب من تلك المادّة الغريبة إلى حدّ لَعْقها، فكلّ ما يمكننا إبلاغه لقائد المركبة الفضائيّة هو: «كابتن، إنّها لطخة»، مع الاعتذار إلى إدوين بّي. هابل، فالاقتباس الذي افتتح به هذا الفصل، على الرغم من أنّه مؤثّرٌ وشاعريٌّ، يجب أن يُستبدل به الآتي:

> «مُجهّزين بحواسّنا الخمس، جنباً إلى جنبٍ مع التلسكوبات، والمجاهر، والمقاييس الطيفيّة الكتليّة، ومقاييس الهزّات الأرضيّة، ومقاييس المغناطيسيّة، ومسرّعات الجُسيمات، وأجهزة رصد الطيف الكهرومغناطيسيّ، نستكشف الكون من حولنا، وندعو المغامرة عِلماً».

فكّر كم كان العالم سيبدو غنيّاً بالنسبة إلينا، وكم كان اكتشاف طبيعة الكون سيحدث في وقتٍ أبكر من الآن لو أنّنا وُلدنا بعيونٍ قابلةٍ للضبط، وعالية الدقّة. تخيّل أنْ تضبط عينيك على مجال أمواج الراديو من الطيف، فتصبح السماء في النهار مظلمةً كالليل؛ لتظهر النجوم بوضوح، فسماءٌ منقّطةٌ كهذه ستكون مصدراً رائعاً وممتازاً لرصد منابع أمواج الراديو، مثل مركز مجرّتنا

درب التبّانة، الذي يقع خلف بعض النجوم الرئيسة لكوكبة القوس، واضبط الرؤية على مجال الأمواج الميكرويّة، سيُضيء الكون كلّه؛ لتظهر آثار الكون المبكّر عبْر السماء، وسترى جداراً من الضوء انبعث بعد 380,000 سنة من الانفجار العظيم، واضبط الرؤية على الأشعّة السينيّة، وستتمكّن على الفور من تحديد مواقع الثقوب السوداء، ورؤية الموادّ الهاوية بشكلٍ حلزونيٍّ إلى داخلها، وإذا ضبطتَ الرؤية على مجال أشعّة غاما، سترى الانفجارات العملاقة المنتشرة في أنحاء الكون بمعدّل انفجارٍ واحدٍ في اليوم، وستتمكّن من مشاهدة تأثير الانفجارات على المادّة المحيطة بها؛ حيث تسخن وتتوهّج باعثةً ضوءاً من طيفٍ مختلف.

لو أنّنا ولدنا مزوَّدين بكاشفاتٍ مغناطيسيّةٍ، لم تكن البوصلة لتُخترع أبداً؛ لأنّنا لن نكون في حاجةٍ إليها، كلّ ما عليك فعله أن تضبط الكاشف المغناطيسيّ على خطوط حقل كوكب الأرض المغناطيسيّ، وسيظهر لك اتّجاه الشمال المغناطيسيّ يلوح وراء الأفق، ولو أنّ شبكة العين لدينا مزوَّدةٌ بمطيافٍ، فلن نتساءل عن طبيعة الهواء الذي نتنفّسه؛ سنعتمد على هذا المطياف لنعرف ما إذا كان الهواء يحتوي كميّة أكسجينٍ كافيةً للحفاظ على الحياة البشريّة، ولتمكنّا قبل آلاف السنين من معرفة أنّ النجوم والسُّدُم في مجرّة درب التبّانة تحتوي على العناصر الكيميائيّة نفسها الموجودة هنا على الأرض، ولو أنّنا وُلدنا بعيونٍ كبيرةٍ مُزوّدةٍ بكاشفات دوبلر للحركة، لرأينا على الفور -حتّى منذ أن كنّا ساكني كهوف- أنّ الكون بأكمله يتمدّد مع انحسار المجرّات متباعدةً عنّا.

ولو امتلكت أعيننا مجاهر عالية الدقّة، ما كان أحد ليُلقيَ اللّوم على الغضب الإلهيّ لانتشار الطاعون والأمراض الأُخرى، فالبكتريا والفيروسات التي تسبّب الأمراض كانت لتظهر بوضوحٍ وهي تزحف على طعامنا، أو تنزلق داخل الجروح المفتوحة في جلودنا، وبتجارب بسيطة، لتمكنّا بسهولةٍ من التمييز بين البكتيريا الضارّة والنافعة، وبالطبع لتمكنّا من تشخيص وعلاج مشكلات الإنتانات بعد العمليّات الجراحيّة قبل مئات السنين.

ولو أمكننا الكشف عن الجُسيمات ذات الطاقة العالية، لكنّا اكتشفنا الموادّ المُشعّة من مسافاتٍ بعيدةٍ من دون حاجةٍ إلى عدّادات غايغر للموادّ المُشعّة، ولتمكّنّا حتّى من كشف تسرّب غاز الرادون عبر الأدوار الأرضيّة لمنازلنا من دون الحاجة إلى استئجار شخصٍ مع معدّاتٍ خاصّةٍ ليخبرنا بذلك، ويقوم بحلّ المشكلة.

إنّ شحْذَ حواسّنا منذ الولادة وخلال الطفولة يسمح لنا بصفتنا بالغين بإصدار الأحكام على

الأحداث والظواهر في حياتنا، وأن نحكم ما إذا كانت «منطقيّةً» أم لا، لكنّ المشكلة أنّ أيّاً من الاكتشافات العلميّة في القرن الماضي لم يأتِ من التطبيق المباشر لحواسّنا الخمس تقريباً، بل من التطبيق المباشر للرياضيّات والأجهزة (التي تسمو على حواسّنا)، وهذه الحقيقة البسيطة هي التي تجعل النظريّة النسبيّة، وفيزياء الجُسيمات، ونظريّة الأوتار ذات الأبعاد العشرة غير منطقيّةٍ بالنسبة إلى الشخص العاديّ، إضافةً إلى الثقوب السوداء، والثقوب الدوديّة، والانفجار العظيم. في الواقع، هذه الأفكار ليست سهلة الفهم حتّى بالنسبة إلى العلماء، أو على الأقلّ ليس قبل أن نستكشف الكون مدّةً طويلةً، مستخدمين حواسّنا التكنولوجيّة المُتاحة جميعها، وما سينشأ في النهاية هو مستوى أحدث وأعلى من «البديهيّات» التي تمكّن العالِم من التفكير على نحوٍ إبداعيٍّ، وإصدار الأحكام في عالَم ما دون الذرّة غير المألوف، أو مجال الفضاء ذي الأبعاد الفائقة المدهش للعقل. قدَّم الفيزيائيّ الألمانيّ ماكس بلانك في القرن العشرين ملحوظةً مشابهةً حول اكتشاف ميكانيكا الكمّ:

> «تثير الفيزياء الحديثة إعجابنا على نحوٍ خاصٍّ بحقيقة الاعتقاد القديم الذي يعلّمنا أنّ هناك حقائق موجودة بصرف النظر عن إدراكنا الحسيّ لها، وأنّ هناك إشكاليّات ونزاعات حيث تكون قيمة هذه الحقائق أكبر من أثمن الكنوز التي يقدّمها عالم التجربة لنا».
> (1931، ص 107)

تتداخل حواسّنا الخمس مع الأجوبة المنطقيّة للأسئلة الميتافيزيقيّة السخيفة، مثل: «إذا سقطت شجرةٌ في الغابة ولم يكن أحدٌ حولها ليسمعها، هل يُصدر سقوطها صوتاً؟». جوابي المفضّل: «كيف تعرف أنّها سقطت أصلاً؟». إلّا أنّ هذا يُغضب الناس فقط؛ لذلك أقدّم اعتذاراً شكليّاً. «سؤال: إذا لم تستطع شمّ رائحة أوّل أكسيد الكربون، فكيف تعرف أنّه هناك؟ جواب: ستعرف حين تسقط ميّتاً». فبالتأكيد، في عصرنا الراهن، إن كان مقياسك الوحيد لما يحدث في العالم هو ما يتدفّق من حواسّك الخمس، فإنّ حياةً محفوفةً بالمخاطر تنتظرك.

دائماً ما يفتح اكتشاف طرقٍ جديدةٍ للمعرفة نوافذَ جديدةً على الكون تنضمّ إلى قائمتنا المتزايدة من الحواسّ غير البيولوجيّة، وكلّما حدث هذا فإنّ مستوى جديداً من العظمة والتعقيد في الكون يكشف نفسَه لنا، كأنّنا نرتقي تقنياً إلى كائناتٍ فائقة الإحساس، حتّى نعود دوماً إلى صوابنا[1].

---

(1) استخدم المؤلّف مصطلح coming to our senses، وتعني: عودة إلى صوابنا، أو عودة إلى حواسنا، في عنوان الفصل، وفي ختامه. (م).

- 2 -

على الأرض كما في السماء

لم يكن هناك ما يدعو إلى افتراض أنّ قوانين الفيزياء على الأرض هي نفسها في أيّ مكانٍ آخر في الكون، إلى أن دوَّن إسحق نيوتن قانون الجاذبيّة العام. على الأرض تجري أمورٌ أرضيّةٌ، وفي السماء أمورٌ سماويّة. في الواقع، وفقاً لكثيرٍ من علماء اليوم، لم يكن لعقولنا الواهنة الفانية من سبيلٍ لمعرفة السماء، وكما سيُوضَّح في الفصل 7، عندما خرق نيوتن هذا الحاجز الفلسفيّ بجعله الحركة كلّها مفهومةً وقابلةً للتنبّؤ من خلال القوانين الفيزيائيّة، فإنّ بعض اللاهوتيّين انتقدوه بأنّه لم يترك شيئاً للإله ليفعله. وكان نيوتن قد اكتشف حينها أنّ قوّة الجاذبيّة التي تجذب التفّاح الناضج من أغصانه تقوم أيضاً بتوجيه الأجسام المقذوفة على طول مساراتها المنحنيّة، وتوجِّه القمر في مداره حول الأرض، ويوجِّه قانون نيوتن للجاذبيّة الكواكب أيضاً، والكويكبات، والمُذنَّبات في مداراتها حول الشمس، ويحافظ على مدارات مئات الملايين من النجوم في مجرّتنا درب التبّانة.

كانت عالميّة قوانين الفيزياء هذه أكبر دافعٍ للاكتشافات العلميّة، وكانت الجاذبيّة البداية فقط. تخيّل حماسة علماء الفلك في القرن التاسع عشر عندما أُديرت موشورات المختبر، التي تحلّل الضوء إلى ألوان الطيف، باتّجاه الشمس! ليست ألوان الطيف جميلةً فحسب، بل تحتوي أيضاً على الكثير من المعلومات عن الجسم الباعث للضوء، بما في ذلك حرارته وتركيبه، فالعناصر الكيميائيّة تكشف عن نفسها من خلال أنماطها الفريدة من الحُزم الضوئيّة، أو المظلمة التي تعبُر الطيف، وما أسعد الناس وأدهشهم أنّ البصمات الكيميائيّة[1] على الشمس كانت مطابقةً لتلك

---

(1) chemical signature مصطلحٌ يدلّ على نمطٍ فريدٍ يظهر بوساطة مقياس الطيف، ويشير إلى وجود جزيءٍ من عنصرٍ معيَّنٍ في عيِّنة الاختبار، حيث يتميّز كلّ عنصرٍ ببصمةٍ خاصّةٍ به. (م).

في المختبر، ولم يَطُل الوقت حتّى أظهرت الأداة الخاصّة للكيميائيّين- الموشور- أنّه على الرغم من اختلاف الشمس عن الأرض من حيث الحجم، والكتلة، والحرارة، والموقع، والمظهر، فإنّ كلتيهما تحويان العناصر نفسها: الهيدروجين، والكربون، والأكسجين، والنيتروجين، والكالسيوم، والحديد، وهكذا دواليك، لكنّ الأكثر أهميّةً من القائمة الطويلة للمكوّنات المشتركة كان الإدراك بأنّه أيّاً كانت القوانين الفيزيائيّة التي تقتضي تشكُّل هذه البصمات الطيفيّة على الشمس، هي القوانين نفسها التي تعمل على الأرض، على بُعد 93 مليون ميل عن الشمس.

كان مفهوم العالميّة هذا خصباً لدرجة إمكانيّة تطبيقه بنجاحٍ في الاتّجاه المعاكس؛ حيث كشف التحليل المعمّق لطيف الشمس عن بصمة عنصرٍ ليس له نظير معروف على الأرض، ولكونه من الشمس، أُعطيت المادّة الجديدة اسماً مشتقّاً من الكلمة اليونانيّة هيليوس (الشمس)، وفي وقتٍ لاحقٍ اكتُشِفَ هذا العنصر في المختبر، وهكذا أصبح «الهيليوم» العنصر الأوّل والوحيد في الجدول الدوريّ الكيميائيّ الذي اكتُشف وجوده في مكانٍ آخر غير الأرض.

حسناً، تعمل قوانين الفيزياء في النظام الشمسيّ، لكنْ هل تعمل عبْر المجرّة؟ عبْر الكون؟ عبْر الزمن نفسه؟ لذا اختُبرت هذه القوانين خطوةً بخطوةٍ، حيث أظهرت النجوم القريبة احتواءها موادّ كيميائيّة معروفة أيضاً، وبدا أيضاً أنّ قوانين نيوتن للجاذبيّة تعمل في النجوم الثنائيّة البعيدة، التي ترتبط مع بعضها بمدارٍ مشترك، وللسبب ذاته، تعمل هذه القوانين في المجرّات الثنائيّة أيضاً.

ومثل طبقات الرواسب الجيولوجيّة في الأرض، كلّما نظرنا أبعد في الكون، عُدنا أبعد بالزمن إلى الماضي، كذلك فإنّ أطياف أكثر الأجسام بُعداً في الكون تُظهِر البصمة الكيميائيّة نفسها التي نراها في كلّ مكانٍ آخر في الكون. صحيحٌ أنّ العناصر الثقيلة كانت أقلّ وفرةً في ذلك الوقت (فهي تُنتج على نحوٍ رئيسٍ في الأجيال اللاحقة من النجوم المتفجّرة) لكنّ القوانين التي تصف العمليّات الذريّة والجزيئيّة التي أوجدت هذه البصمات الطيفيّة تبقى ثابتة.

بالطبع، ليس لكلّ الأشياء والظواهر الموجودة في الكون نظائر على الأرض، ربّما لم تمشِ قطّ عبْر سحابةٍ من البلازما المتوهّجة بحرارة مليون درجة، وربّما لم تتعثّر قطّ بثقبٍ أسْود في الشارع، لكنْ المهمّ فعلاً هو عالميّة قوانين الفيزياء التي تَصِفها جميعاً، وفي عمليّة اكتشافٍ أُخرى، في المرّة الأولى التي وُجِّه فيها المقياس الطيفيّ إلى الضوء المنبعث من السُّدُم بين النجميّة، ظهر مرّةً أُخرى عنصرٌ لم يكن له نظير على الأرض، لكنْ لم يكن في الجدول الدوريّ للعناصر أيّة حقولٍ فارغة، وكانت العناصر كلّها قد اكتُشِفَت؛ أمّا عند اكتشاف الهيليوم مثلاً كما ذكرنا سابقاً، فكان هناك عدّة فراغات؛ لذلك اخترع علماء الفيزياء الفلكيّة اسم نيبوليوم

(السديمي) كشاغل لاسْم العنصر المجهول، إلى أنْ يتمكّنوا من معرفة ما يجري، وبعد البحث تبيّن أنّه في الفضاء، تكون السُّدُم الغازيّة متخلخلةً جدّاً، حتّى إنّ الذرّات تتحرّك لمسافاتٍ طويلةٍ من دون أن تصطدم ببعضها؛ في ظلّ هذه الظروف، يمكن للإلكترونات أن تقوم بأفعالٍ لم يسبق رؤيتها في مختبرات الأرض. كان النيبوليوم ببساطة هو نفسه الأكسجين العاديّ الذي يقوم بأفعالٍ غير عاديّة تختلف عن أفعاله على الأرض.

تخبرنا عالميّة قوانين الفيزياء هذه أنّه إذا هبطنا على كوكبٍ آخر بحضارةٍ غريبةٍ مزدهرةٍ، فسنجد أنّهم يعملون بالقوانين الفيزيائيّة نفسها التي اكتشفناها واختبرناها هنا على الأرض، حتّى إنْ كانت الكائنات الفضائيّة تحمل معتقداتٍ اجتماعيّةً وسياسيّةً مختلفة. إضافةً إلى ذلك، إنْ أردت أن تتكلّم مع الكائنات الفضائيّة، يمكنك أن تراهن على أنّهم لا يتحدّثون الإنجليزيّة، أو الفرنسيّة، أو حتّى الماندرين الصينيّة، ولا تعرف حتّى ما إذا كانت مصافحة الأيدي(في حال كانت لديهم أيدٍ) تُعدّ تصرّفاً يدلّ على الحرب، أو السلام؛ أفضل ما يمكن أن تصبو إليه أن تجد طريقةً للتواصل معهم باستخدام لغة العِلم.

جرت مثل هذه المحاولة في سبعينيّات القرن الماضي مع المركبات الفضائيّة بايونير10 و11، وفوياجر1 و2، وهي المركبات الوحيدة التي امتلكت سرعةً كافيةً للهروب من جاذبيّة النظام الشمسيّ، فحملت المركبة بايونير لوحةً ذهبيّةً محفورةً تُظهر في صورٍ توضيحيّةٍ مخطّطاً للنظام الشمسيّ، وموقعنا في مجرّة درب التبّانة، وبُنية ذرّة الهيدروجين؛ أمّا مركبة فوياجر، فقد تجاوزت ذلك وحملت أصواتاً متنوّعةً من كوكبنا الأمّ الأرض، بما في ذلك صوت نبضات القلب البشريّ، وأصوات الحيتان، ومختارات موسيقيّة بدءاً من أعمال بيتهوفن إلى أغاني تشاك بيري، وفي حين أنّ ذلك المحتوى المتنوّع أعطى الرسالة طابعاً إنسانيّاً، إلّا أنّه من غير الواضح إن كانت آذان الكائنات الفضائيّة ستملك أيّة فكرةٍ عمّا تصغي إليه، بافتراض أنّ لديهم آذاناً. أفضل ما قيل من قبيل الدعابة حول هذه الرسالة التي حملتها المركبة، هي ملحوظة فكاهيّة ظهرت في برنامج مساء السبت (*Saturday Night Live*)، بعد وقتٍ قصيرٍ من إطلاق فوياجر، تقول: «تلقّت ناسا ردّاً من الكائنات الفضائيّة الذين استقبلوا المركبة، وتطلب الرسالة ببساطة: أرسلوا المزيد من أغاني تشاك بيري».

كما سنرى بالتفصيل في القسم الثالث، لا يزدهر العِلم اعتماداً على عالميّة قوانين الفيزياء فقط، لكنْ أيضاً على وجود الثوابت الفيزيائيّة ودوامها، فمثلاً: يزوِّد ثابت الجاذبيّة المعروف بـ«G»، معادلة نيوتن للجاذبيّة بمقياس مدى شدّة القوّة، وقد جرى اختباره (واختبار ثباته)

ضمنياً مع المتغيّرات على مدار السنين، وإذا قمتَ بإجراء الحساب يمكنك معرفة أنّ سطوع نجمٍ يعتمد بشدّةٍ على الثابت «G»، وبكلماتٍ أُخرى: لو كان الثابت «G» قد اختلف على نحوٍ طفيفٍ في الماضي، لكان ناتج طاقة الشمس قد تغيّر بقَدْرٍ كبيرٍ أكثر من أيّ قدْرٍ تشير إليه السجلّات البيولوجيّة، أو المناخيّة، أو الجيولوجيّة. في الواقع، لا تُعرف ثوابت أساسيّة تتغيّر تبعاً للزمان، أو المكان، إنّما الثوابت الموجودة هي ثوابت أساسيّة بصرف النظر عن الزمان، أو المكان.

هذه هي أساليب كوننا.

من بين الثوابت جميعها، من المؤكّد أنّ سرعة الضوء هي الثابت الأكثر شهرةً. مهما تكن سرعتك، فإنّك لن تتفوّق أبداً على سرعة شعاع ضوء. لِمَ لا؟ لم تكشف أيّة تجربةٍ على الإطلاق عن جسمٍ يصل إلى سرعة الضوء، وتتنبأ بذلك قوانين الفيزياء التي اختُبِرَتْ جيّداً. تبدو هذه العبارات صادرةً عن ذهنيّةٍ مغلقةٍ، وقد حصل فعلاً أن استخفَّت بعض أكثر الادّعاءات المحرجة في مجال العلوم في الماضي، ببراعة المخترعين والمهندسين: «لن نطير أبداً». «لن يكون الطيران التجاريّ ممكناً أبداً» . «لن نطير أسرع من الصوت أبداً». «لن نشطر الذرّة أبداً». «لن نصل إلى القمر أبداً». لقد سمعتم بالتأكيد هذه الادّعاءات من قبل، وتعرفون الآن أنّ ما تتشارك به هو عدم وجود قانون فيزياء راسخ اعترض طريقها، أو منع تحقيقها، لكنْ عندما يتعلّق الأمر بادّعاء أنّنا «لن نتجاوز سرعة شعاع الضوء أبداً» فإنّه تنبّؤٌ مختلفٌ نوعيّاً؛ إذْ يأتي هذا التنبّؤ من مبادئ فيزيائيّةٍ أساسيّةٍ اختُبِرَتْ عبْر الوقت، وهو أمرٌ لا شكّ فيه؛ أمّا مستقبلاً، فستقرأ بالتأكيد على لافتات الطرق السريعة للمسافرين بين النجوم:

سرعة الضوء:
ليست فكرةً جيّدة فحسب؛
إنّها القانون.

الجيّد في قوانين الفيزياء أنّها لا تحتاج إلى وكالاتٍ لتطبيق القانون للحفاظ عليها، على الرغم من أنّني امتلكتُ ذات مرّةٍ قميصاً غريباً كُتب عليه: «أطِع الجاذبيّة».

ومن ناحيةٍ أُخرى، تعكس العديد من الظواهر الطبيعيّة تفاعل القوانين الفيزيائيّة المتعدّدة التي تعمل في وقتٍ واحدٍ، وغالباً ما تتسبّب هذه الحقيقة بتعقيد تحليل عمل كلّ قانونٍ على حِدة، وتتطلّب في معظم الحالات حواسيبَ فائقةً لحساب العمليّات، وتَتَبّع العوامل المهمّة المتغيّرة في التجربة، على سبيل المثال: عندما اخترق مذنب شوميكر-ليفي9 الغلاف الجويّ لكوكب المشتري الغنيّ بالغاز عام 1994 وانفجر به، فإنّ النموذج الحاسوبيّ الذي صُمّم

لمحاكاة ما كان سيحدث حقّقَ السيناريو الأكثر دقّةً من خلال جمعه قوانينَ ميكانيكا الموائع، والترموديناميك، والحركة والجاذبيّة، كما يمثّل المناخ والطقس أيضاً أمثلةً رائدةً أُخرى للظواهر المعقّدة (وصعبة التنبّؤ)، لكنّ القوانين الأساسيّة التي تحكمها هي ذاتها، مثلاً: البقعة الحمراء العظيمة في المشتري، وهي عبارة عن إعصارٍ عنيفٍ ما زال ثائراً وبقوّة منذ 350 عاماً على الأقلّ، تتحرك وفق العمليّات الفيزيائيّة ذاتها التي تولّد العواصف على الأرض، وفي أماكن أُخرى في النظام الشمسيّ.

لدينا أيضاً قوانين المصونيّة؛ حيث يبقى مقدار الكميّة المُقاسة من دون تغييرٍ بصرف النظر عن ماهيّة، أو صنف الحقائق الكونيّة التي تعبّر عنها، وتتربّع على عرش الأهميّة ثلاثة قوانين، هي: مصونيّة الكتلة والطاقة، ومصونيّة الحركة الخطيّة والزاوية، ومصونيّة الشحنة الكهربائيّة، وتُلحظ هذه القوانين على الأرض وفي كلّ مكانٍ فكّرنا بأنْ ننظر إليه في الكون، بدءاً من علم فيزياء الجُسيمات، ووصولاً إلى البُنية الواسعة للكون.

على الرغم من هذا التباهي كلّه، ليس كلّ شيءٍ مثالياً في الجنّة؛ فكما ذكرنا من قبل، لا يمكننا أن نرى، أو نلمس، أو نتذوّق مصدر 85% من جاذبيّة الكون، قد تكون هذه المادّة المظلمة الغامضة، التي لم نكتشف عنها شيئاً باستثناء جاذبيّتها التي تؤثّر في المادّة التي نراها؛ مكوّنةً من جُسيماتٍ غريبةٍ لم نكتشفها بعد، أو نتعرّف إليها، إلّا أنّ مجموعةً فرعيّةً صغيرةً من علماء الفيزياء الفلكيّة، ما زالوا غير مقتنعين ويقترحون أن المادّة المظلمة غير موجودة، وما نحتاج إليه كلّه هو تعديل قانون نيوتن للجاذبيّة، وما علينا إلّا أن نضيف بعض المكوّنات إلى المعادلات، وسيكون كلّ شيءٍ على ما يرام.

ربّما سنتعلّم في يومٍ من الأيّام أنّ جاذبيّة نيوتن تحتاج بالفعل إلى إجراء تعديلاتٍ ما، ولا بأس بذلك، فقد حدث ذلك مرّةً من قبل، عام 1916؛ إذْ نشر ألبرت أينشتاين نظريّته في النسبيّة العامّة، التي أعادت صياغة مبادئ الجاذبيّة بطريقةٍ تنطبق على الأجسام ذات الكتل العملاقة، وهو عالَمٌ مجهولٌ بالنسبة إلى نيوتن، وينهار فيه قانونه للجاذبيّة. ما الدرس من ذلك إذنْ؟ الدرس هو أنّ ثقتنا بالقانون تسير عبر نطاق الشروط التي يُختبر فيها القانون وتُثبَت صحّته، وكلّما اتّسع هذا النطاق ازدادت قوّة القانون في وصف الكون. بالنسبة إلى الجاذبيّة في حياتنا اليوميّة، يعمل قانون نيوتن على نحوٍ جيّدٍ؛ أمّا بالنسبة إلى الثقوب السوداء والبنية العملاقة للكون، فنحتاج إلى النسبيّة العامّة. إنّ كلّاً من القانونين يعمل على نحوٍ لا تشوبه شائبةٌ في مجاله الخاصّ، أينما كان هذا المجال في الكون.

بالنسبة إلى العالِم، تجعل عالميّة قوانين الفيزياء الكون مكاناً بسيطاً على نحوٍ رائع!

وبالمقارنة، فإنّ الطبيعة البشريّة، من منظور مجال عالم النفس؛ هي أكثر صعوبةً وتعقيداً إلى حدٍّ كبير؛ ففي أمريكا، يجري التصويت على المواضيع التي ستُعلّم في الصفوف الدراسيّة من قِبل المجالس المدرسيّة، وأحياناً يكون هذا التصويت وفقاً لأهواء التقلُّبات الاجتماعيّة والسياسيّة، أو الفلسفات الدينيّة، وحول العالم، تؤدّي النُّظُم العقائديّة المتباينة إلى اختلافاتٍ سياسيّةٍ لا تُحلُّ سلميّاً دائماً، وعلى الصعيد الفرديّ فإنّ الطبيعة البشريّة أيضاً أكثر تعقيداً، فهناك بعض الأشخاص الذين يتكلّمون مع أعمدة مواقف الحافلات، لكنْ عندما يصل الأمر إلى القوانين الفيزيائيّة، فهي تمتلك ميزةً رائعةً، وهي أنّها قابلةٌ للتطبيق في كلّ مكانٍ، سواء اخترت تصديقها أم لا، وكل شيءٍ آخر باستثناء قوانين الفيزياء هو مجرّد رأي.

لا يعني ذلك أنّ العلماء لا يتجادلون، فنحن نفعل ذلك، وكثيراً، لكنّنا عندما نتجادل عادةً نعبّر عن آراء في تفسير بياناتٍ مهترئةٍ ضمن حدود معرفتنا، وفي أيّ مكانٍ، وأيّ وقتٍ تتمكّن فيه من استحضار قانونٍ فيزيائيٍّ في المناقشة، فإنّ ذلك يضمن أن تكون المناقشة مختصرةً، مثلاً: فكرتك عن الآلة دائمة الحركة لا يمكن أن تعمل؛ لأنّ ذلك ينتهك قوانين الديناميكا الحراريّة، ولا يمكنك بناء آلة الزمن التي تمكّنك من الرجوع بالزمن وقتل أمّك قبل ولادتك؛ لأنّ ذلك ينتهك قانون السببيّة، وبدون انتهاك قوانين القوّة الدافعة، لا يمكنك أن تحلّق عفويّاً وتحوم فوق الأرض، حتّى لو جلست في وضعيّة اللوتس للتأمّل لساعاتٍ طويلة، وعلى الرغم من ذلك، ومن حيث المبدأ، يمكنك النجاح في هذه العمليّة إذا نجحت في إطلاق الغازات الموجودة في بطنك بشكل قويٍّ ومستمر.

وفي بعض الحالات، يمكن لمعرفة قوانين الفيزياء أن تعطيك الثقة في مواجهة الأشخاص الفظّين، مثلاً: منذ بضع سنوات كنت أتناول كوباً من الشوكولا الساخنة في متجر حلويات في باسادينا/ كاليفورنيا، وبالطبع كنت قد طلبته مع كريما مخفوقة، ولكنْ عندما وصل الكوب إلى الطاولة، لم يكن هناك أثر للكريما، وبعد أن أخبرت النادل أنّ الكوب تنقصه الكريما، أكّد لي بأنّني لا يمكن أن أرى الكريما؛ لأنّها غرقت في قاع الكوب، وبما أنّ للكريما المخفوقة كثافة منخفضة للغاية، وتطفو على سطح السوائل جميعها التي يستهلكها الإنسان، فقد قدّمت للنادل تفسيرين محتملين: إمّا أنّ أحدهم نسي أن يضيف الكريما المخفوقة إلى كوب الشوكولا الساخن، وإمّا أنّ قوانين الفيزياء العالميّة مختلفة في مطعمه. أحضر النادل -غير مقتنعٍ- قليلاً من الكريما ليجرّب ذلك بنفسه، وبعد أن وضعها استقرّت الكريما طافيةً على سطح شراب الشوكولا.

هل تحتاج إلى دليلٍ أفضل من ذلك لعالميّة القانون الفيزيائيّ؟

- 3 -

الرؤية ليست يقيناً

يبدو لنا معظم الكون بمظهرٍ يختلف عمّا هو عليه حقّاً، لدرجة أنّني أتساءل في بعض الأحيان ما إذا كانت هناك مؤامرة تهدف إلى إحراج علماء الفيزياء الفلكيّة، والأمثلة على مثل هذه الحماقات الكونيّة كثيرة.

في العصر الحديث، نعدُّ على نحوٍ مفروغٍ منه أنّنا نعيش على كوكبٍ كرويٍّ، لكنّ الدلائل على أنّ الأرض مسطّحةٌ بدت واضحةً بما يكفي ليقتنع بها المفكّرون عبْر آلاف السنين؛ فقط أُنظر حولك، يصبح من الصعب أن تقتنع بأيّ شيءٍ سوى أنّ الأرض مسطّحةٌ بدون صورٍ يلتقطها قمرٌ صناعيٌّ، حتّى عندما تنظر من نافذة الطائرة، ولكنْ ما يصحُّ على الأرض يصحُّ على الأسطح الملساء جميعها في الهندسة غير الإقليديّة؛ إذْ إنّ أيّة مساحةٍ صغيرةٍ بما فيه الكفاية من أيّ سطحٍ منحنٍ غير قابلة للتمييز عن مستوٍ مسطح، وقديماً، عندما لم يكن الناس يسافرون بعيداً عن أماكن ولادتهم، دعمت فكرة الأرض المسطّحة النظرة المرضيّة للغرور بأنّ مسقط رأسك يشغل مركز سطح الأرض تماماً، وأنّ النقاط جميعها على طول الأفق (الذي يمثّل حافّة عالمك) كانت بعيدةً عنك بالقدْر نفسه، وكما قد يتوقّع المرء، فإنّ كلّ حضارةٍ رسمَت خريطةً تظهر فيها الأرض مسطّحةً قد صوَّرت نفسها على أنّها في مركز الخريطة.

أُنظر إلى الأعلى الآن، بدون تلسكوب، لا يمكنك معرفة المسافة التي تبعدها النجوم عنّا، فهي تبدو ثابتةً في أمكنتها، تبزغ وتأفل كما لو كانت مُلصَقةً على السطح الداخليّ لوعاءٍ مقعّرٍ مظلمٍ ومقلوب، فلماذا إذن لا نفترض أنّ النجوم جميعها تبعد المسافة نفسها عن الأرض، مهما تكن تلك المسافة؟

لكنّ ذلك ليس بالأمر الصحيح؛ إذْ لا تبعد كلّها المسافة نفسها، وبالطبع ليس هناك أيّ وعاء.

حسناً، فلنسلِّم بأنّ النجوم مبعثرةٌ في الفضاء، هنا وهناك، لكنْ كيف هنا، وكيف هناك؟ بالنسبة إلى العين المجرّدة، تبدو النجوم الأكثر سطوعاً لامعةً أكثر بمئة مرّةٍ من النجوم الأكثر خفوتاً، إذنْ، من الواضح أنّ النجوم الخافتة أبعد بمئة مرّةٍ عن الأرض، أليس كذلك؟

لا.

يفترض هذا النقاش البسيط بجرأةٍ أنّ النجوم متساويةٌ في سطوعها على نحوٍ جوهريٍّ، ما يجعل أقربها تبدو أكثر سطوعاً من البعيدة، غير أنّ مجال السطوع النجميّ يمتدّ واسعاً؛ حيث تبلغ قيمته الأسّيّة عشرة؛ أي: 10^{10} ، لذا فإنّ النجوم الأكثر سطوعاً ليست بالضرورة هي النجوم الأقرب إلى الأرض، وفي الواقع، فإنّ معظم النجوم التي تراها في سماء اللّيل تختلف كثيراً من حيث السطوع، وتبعد مسافاتٍ هائلة.

إذا كانت معظم النجوم التي نراها ساطعةً جدّاً، فمن المؤكّد أنّ هذا النوع من النجوم منتشرٌ في أنحاء المجرّة جميعها.

أيضاً لا.

إنّ النجوم عالية السطوع هي الأندر من بينها جميعاً، في أيّ حجمٍ معيّنٍ من الفضاء، يفوق عدد النجوم ذات السطوع المنخفض عدد النجوم عالية السطوع بنسبة ألفٍ إلى واحد، لكنّ إنتاج الطاقة الهائل للنجوم عالية السطوع هو ما يمكّنك من رؤيتها عبْر المسافات الشاسعة في الفضاء.

لنفترض الآن أنّ نجمين يبعثان الضوء بالمعدّل نفسه (أي: إنّ لهما درجة السطوع نفسها)، لكنّ أحدهما يبعد عنّا أكثر من الآخر بمئة مرّة، قد نتوقّع أنّ سطوعه يبلغ جزءاً من مئة بالنسبة إلى الآخر. أيضاً لا. لو صحَّ ذلك لكان عِلمُ الفلك سهلاً جدّاً. في الواقع، إنّ شدّة الضوء تتضاءل بما يتناسب مع مربّع المسافة؛ لذا في هذه الحالة، يبدو النجم البعيد أقلّ سطوعاً بعشرة آلاف (100^2) مرّةٍ من النجم الأقرب. إنّ تأثير قانون «التربيع العكسيّ» هذا هندسيٌّ بحْت، فضوء النجم ينتشر في الاتجاهات جميعها بشكل قشرة كروية، ويخفُّ مع تزايد سطحها في الفضاء الذي يتحرك خلاله، وتتزايد مساحة سطح هذه الكرة بما يتناسب مع مربّع نصف قطرها (يمكنك أن تتذكر معادلة مساحة سطح كرة: $Area = 4\pi r^2$)، ما يُجبِر شدّة الضوء على التضاؤل بالنسبة ذاتها.

حسناً، لا تبعد النجوم المسافة نفسها عنّا؛ وليست جميعها بالسطوع نفسه؛ إنّ تلك التي نراها غير متطابقة إلى حدٍّ بعيدٍ من ناحية البُعد، ومن ناحية السطوع، لكنْ من المؤكّد أنّها ثابتةٌ

في الفضاء. ظنّ الناس لآلاف السنين -وهو أمرٌ مفهومٌ- أنّ النجوم «ثابتةٌ»، وهو مفهومٌ مؤكّدٌ في مصادر مؤثّرة، مثل: الكتاب المُقدَّس («وَجَعَلَهَا اللهُ فِي جَلَدِ السَّمَاءِ لِتُنِيرَ عَلَى الأَرْضِ» سفر التكوين 1:17)، وكتاب المجسطي لكلاوديوس بطليموس، الذي نُشر في قرابة 150 م، حيث يجادل فيه بقوّةٍ، وعلى نحوٍ مقنعٍ، بعدم وجود حركةٍ للأجرام السماويّة.

باختصار: إنْ سمحتَ للأجرام السماويّة أن تتحرك فُرادى، فإنّ مسافات بُعدها التي تقاس من الأرض إلى الأعلى ستختلف، وسيرغم ذلك أحجامَ النجوم، ودرجةَ سطوعها، والمسافة التي تفصلها نسبيّاً عن بعضها أنْ تتغيّر أيضاً من سنةٍ إلى أخرى، لكنّ مثل هذه الاختلافات لا تظهر. لماذا؟ لأنّك ببساطة لم تنتظر مدّةً كافية. كان إدموند هالي (صاحب اسم مذنّب هالي) أوّل من اكتشف أنّ النجوم تتحرك، وذلك في عام 1718؛ حيث قارن بين المواقع «الحديثة» حينها للنجوم مع مواقع حدّدها الفلكيّ اليونانيّ هيبارخوس في القرن الثاني قبل الميلاد، وكان هالي يثق في دقّة خرائط هيبارخوس، لكنّه استفاد أيضاً من مرجعيّةٍ تعود إلى أكثر من ثمانية عشر قرناً يمكن من خلالها المقارنة بين مواقع النجوم القديمة والحديثة، وقد لَحظ على الفور أنّ النجم Arcturus (السِّمَاك الرامح) لم يكن في الموقع الذي كان فيه من قبل، فقد تحرك النجم بالفعل، لكنْ ليس بما يكفي ليُلْحظ خلال مدّة حياة إنسانٍ واحدٍ من دون مساعدة تلسكوب.

هناك سبعة أجسامٍ من بين جميع الأجسام في السماء لم تتظاهر بأنّها ثابتة؛ لقد بدا أنّها تتجوّل في السماء النجميّة، ولذلك سمّاها اليونانيّون الكواكب، أو «الجوّالة»، وأنت تعرفها جميعاً (يمكن تتبّع أسمائها في تسمياتنا لأيّام الأسبوع): عطارد، والزهرة، والمريخ، والمشتري، وزحل، والشمس، والقمر. منذ العصور القديمة، كان الاعتقاد صحيحاً بأنّ هؤلاء الجوّالة أقرب إلى الأرض من النجوم، لكنْ كان هناك اعتقادٌ آخر أيضاً بأنّ كلّاً منها يدور حول الأرض التي هي مركز الكون.

اقترح أرسطرخس الساموسي لأوّل مرّةٍ فكرة الكون المتمركز حول الشمس في القرن الثالث قبل الميلاد، لكنْ في ذلك الوقت، كان واضحاً لأيّ مراقبٍ أنّه بصرف النظر عن الحركة المعقّدة للكواكب، فإنّها جميعاً تدور مع النجوم في السماء حول الأرض، ولو كانت الأرض تتحرك لشعَرنا بذلك حتماً، وكانت الحجج الشائعة آنذاك تتضمّن:

- لو كانت الأرض تدور حول محورٍ، أو تتحرك عبْر الفضاء، ألم تكن السُّحُب في السماء والطيور التي تطير لتتخلّف عنها وتبقى في الخلف؟ (لا يحدث ذلك).

- لو قفزتَ إلى الأعلى عموديّاً، ألم تكن لتهبط في مكانٍ مختلفٍ بما أنّ كوكب الأرض يتحرّك تحت قدميك؟ (لا يحدث ذلك).

- ولو كانت الأرض تتحرّك حول الشمس، ألم تكن الزاوية التي ننظر منها إلى النجوم لتتغيّر باستمرار، ما يؤدّي إلى حدوث تحوّلٍ يمكن رؤيته في مواقع النجوم في السماء؟ (لا يحدث ذلك، على الأقلّ ليس على نحوٍ مرئي).

كانت أدلة الرافضين مقنعةً، إلّا أنّه بالنسبة إلى الحالتين: الأولى، والثانية، سيثبت غاليليو غاليليه لاحقاً أنّه في أثناء وجودك في الجوّ، فإنّك أنت، والغلاف الجويّ، وما يحيط بك كلّه، ستُحملون إلى الأمام مع دوران الأرض في مدارها؛ ولهذا السبب، إذا كنت تقف في ممرّ طائرةٍ محلّقةٍ في الجوّ وقفزتَ، فإنّك لن تُقذَف إلى المقاعد الخلفيّة في الوراء لتعلق على باب الحمّام في مؤخّرة الطائرة، وفي الحالة الثالثة، لا يوجد خطأ في الحُجّة، باستثناء أنّ النجوم بعيدةٌ جدّاً، وتحتاج إلى تلسكوب قويّ لرؤية انتقالاتها الموسميّة، ولم يُقس هذا التأثير حتّى عام 1838، على يد عالم الفلك الألمانيّ فريدريك فيلهلم بيسل.

أصبحت مركزيّة الأرض أحد أعمدة كتاب المجسطي لبطليموس، وشغلت الفكرة الوعي العلميّ، والثقافيّ، والدينيّ حتّى عام 1543 حين نُشر كتاب دوران الأجرام السماويّة (*De Revolutionibus*)، وفيه وضع نيكولاس كوبرنيكوس الشمس عوضاً عن الأرض في مركز الكون المعروف، وخوفاً من أن يُفزِعَ هذا العمل المهرطق السُّلطةَ الدينيّة، زوَّد أندرياس أوسياندر -وهو عالِمٌ لاهوتيٌّ بروتستانتيٌّ كان يشرف على المراحل النهائيّة من الطباعة- النصّ بمقدِّمة غير مصرَّح بها، وبدون توقيع، حيث يقول:

> «ليس لديّ أدنى شكّ في أنّ بعض الرجال المتعلّمين الآن بعد أن شاعت على نطاقٍ واسعٍ بدعة فرضيّات هذا العمل؛ لأنّه يثبت أنّ الأرض تدور، وأنّ الشمس ثابتةٌ في مركز الكون؛ قد صُدموا كثيراً... [لكن ليس] من الضروريّ أن تكون هذه الفرضيّات صحيحةً، ولا حتّى مُحتملة، ولكنّها كافيةٌ إذا كانت تنتج فقط حسابات تتّفق مع الملحوظات». (1999، ص22)

كان كوبرنيكوس نفسه يقظاً للمشكلة التي كان على وشك أن يتسبّب بها؛ إذْ يقول في الكتاب الذي وجّهه إلى البابا بولس الثالث:

> «أستطيع أن أقدّر جيّداً، أيّها الأب الأقدس، أنّه بمجرّد أن يدرك بعض الناس أنّني أنسب إلى كوكب الأرض حركاتٍ معيّنةً في هذه الكتب التي كتبتها عن دوران الأجرام في الكون، سيصيحون مستهزئين بي، كما يُصاح بالممثّل الفاشل لينزل عن خشبة المسرح؛ لأنّ لي مثل هذا الرأي». (1999, p. 23)

لكنْ بعد وقتٍ قصيرٍ من اختراع صانع النظّارات الهولنديّ هانز ليبرشي التلسكوب عام 1608، رأى غاليليو -باستخدام تلسكوب من صنعه الخاصّ- كوكبَ الزهرة يمرّ في أطواره، ورأى أربعة أقمارٍ تدور حول المشتري، وليس حول الأرض، وكانت هذه المشاهدات مع أُخرى غيرها مساميرَ دُقَّت في نعش فكرة مركزيّة الأرض، ما جعل كون كوبرنيكوس المتمركز حول الشمس مفهوماً أكثر إقناعاً، وعندما لم تعد الأرض تحتلّ مكاناً فريداً في الكون، واستناداً إلى مبدأ أنّنا لسنا متميّزين، بدأت حينها رسمياً «الثورة الكوبرنيكية».

والآن بعد أن أصبحت الأرض في مدارٍ شمسيٍّ، تماماً مثل إخوتها الكواكب، أين تصبح الشمس إذنْ؟ في مركز الكون؟ لا يمكن ذلك، لن يقع أحدٌ في هذا الخطأ مجدّداً؛ فذلك يعني انتهاك مبدأ كوبرنيكوس الجديد، لكنْ لنتأكّد من ذلك.

لو كان النظام الشمسيّ في مركز الكون، فإنّنا عندئذٍ سنرى عدد النجوم نفسه تقريباً كيفما وجّهنا نظرنا إلى السماء، لكنْ لو كان النظام الشمسيّ على أحد الجوانب، فإنّ من المحتمل عندها أن نرى تركيزاً كبيراً للنجوم في اتّجاهٍ واحدٍ- اتّجاه مركز الكون.

بحلول عام 1785، توصّل عالم الفلك الإنجليزيّ السير وليام هيرشل -بعد أن تمكّن من جدولة النجوم من كلّ مكانٍ في السماء، وتقدير المسافات التي تبعدها عنّا بدقّة- إلى أنّ النظام الشمسيّ كان بالفعل في قلب الكون، وبعد أكثر من قرنٍ بقليل، سعى الفلكيّ الهولنديّ جاكوبس كورنيليوس كابتين -مستخدماً أفضل الطرائق المتاحة لحساب المسافة- إلى التحقّق من موقع النظام الشمسيّ في المجرّة؛ لقد وجد الحزمة الضوئيّة المسمّاة درب التبّانة تتحلّل إلى تركيزاتٍ مكثّفةٍ من النجوم بالنظر إليها عبْر تلسكوب، وقد أعطت النتائج الدقيقة لمواقعها ومسافات بُعدها وجودَ أعدادٍ متشابهةٍ من النجوم في كلّ اتّجاهٍ على طول الحزمة، بينما ينخفض تركيز النجوم على نحوٍ متماثلٍ إلى الأعلى، وإلى الأسفل منها. إذنْ، بصرف النظر عن الطريقة التي تنظر بها إلى السماء، فإنّ الأعداد تبدو نفسها في الاتّجاه المعاكس، باتّجاه 180 درجة. استغرق كابتين قرابة 20 سنةً لإعداد خريطته للسماء، التي أظهرت بدقّةٍ كافيةٍ أنّ النظام الشمسيّ يقع في الجزء الواحد بالمئة المركزيّ من الكون؛ لم نكن في المركز تماماً، لكنّنا كنّا قريبين بما فيه الكفاية لنستعيد مكاننا الشرعيّ في مركز الكون.

لكنّ قسوة الكون علينا استمرّت.

لم يعلم أحدٌ في ذلك الوقت -لا سيّما كابتين- أنّ معظم خطوط الرؤية التي تصل إلى مجرّة درب التبّانة لا تستمرّ في العبور إلى نهاية الكون، فدرب التبّانة غنيّةٌ بالسُّحُب الغازيّة

الكبيرة والغبار اللّذَيْن يمتصّان الضوء المنبعث من الأجسام الموجودة خلفهما؛ لذلك، عندما ننظر باتّجاه درب التبّانة، فإنّ أكثر من 99% من النجوم التي يفترض أن تكون مرئيّةً خلف درب التبّانة، تحجبها السُّحُب الغازيّة داخل درب التبّانة نفسها. إنّ الافتراض بأنّ الأرض كانت بالقرب من مركز درب التبّانة (التي تمثّل الكونَ المعروف آنذاك) كان أشبه بالسير في غابةٍ كثيفةٍ كبيرةٍ؛ فبعد بضع عشراتٍ من الخطوات، تظنّ واثقاً أنّك وصلت إلى المركز لمجرّد أنّك ترى العدد نفسه من الأشجار في كلّ اتّجاه.

بحلول عام 1920(لكنْ قبل فهْم مشكلة امتصاص الضوء جيّداً) درس هارلو شابلي، الذي أصبح مديراً لمرصد كليّة هارفرد الفلكيّ، المخطّطَ المكانيّ للعناقيد الكرويّة في درب التبّانة، وهي عبارة عن تركيزاتٍ ضيّقةٍ لما يصل إلى مليون نجمٍ يمكن رؤيتها بسهولةٍ أعلى وأسفل درب التبّانة؛ حيث ينخفض امتصاص الضوء إلى أدنى حدّ. فكّر شابلي بأنّه من المفترض أن تمكّنه هذه العناقيد من تحديد مركز الكون، وهو بالتأكيد، المكان الأعلى تركيزاً في الكتلة، والأقوى جاذبيّةً، وأظهرت بيانات شابلي أنّ النظام الشمسيّ ليس قريباً من مركز توزّع العناقيد الكرويّة، وبذلك ليس قريباً من مركز الكون المعروف. أين يوجد إذنْ هذا المكان المميّز الذي وجدَه؟ على بُعد ستّين ألف سنةٍ ضوئيّةٍ، في اتّجاه النجوم نفسه، التي تتبع كوكبة القوس تقريباً، لكنْ أبعد إلى الوراء.

كانت المسافات التي حسبها شابلي كبيرةً جدّاً بما يزيد عن ضعفين، غير أنّه كان محقّاً بخصوص مركز نظام العناقيد الكرويّة، الذي يتوافق مع ما ثبت لاحقاً أنّه أقوى مصدرٍ لموجات الراديو في سماء اللّيل (ذلك أنّ موجات الراديو لا تَضعُف بتأثير الغاز والغبار). حدّد علماء الفيزياء الفلكيّة في النهاية موقع الذروة للانبعاثات الراديويّة على أنّه المركز الدقيق لدرب التبّانة، لكنّ ذلك لم يحدث قبل حادثةٍ، أو أكثر من نوع «الرؤية ليست يقيناً».

انتصر مبدأ كوبرنيكوس مجدّداً؛ فلم يكن النظام الشمسيّ مركزَ الكون المعروف، بل كان يقع على الأطراف بعيداً، وبالنسبة إلى الغرور الإنسانيّ الحسّاس، يمكن أن يكون ذلك أمراً لا بأس به، ولا بدّ من أن يكون النظام الواسع من النجوم والسُّدُم الذي ننتمي إليه هو الكون بأكمله، ولا بد من أنّنا موجودون حيث الأمور المهمّة.

لا.

إنّ معظم السُّدُم في سماء اللّيل أشبه بجُزرٍ كونيّةٍ، كما تنبّأ عددٌ من العلماء في القرن الثامن عشر، ومن بينهم الفيلسوف السويدي إيمانويل سويدنبرغ، والفلكيّ الإنجليزيّ توماس

رايت، والفيلسوف الألمانيّ إيمانويل كانت. في كتاب النظريّة الأصليّة للكون (1750)، على سبيل المثال: يتأمّل رايت في الفضاء الممتدّ إلى ما لا نهاية، الذي يمتلئ بالنُّظم النجميّة المماثلة لمجرّتنا درب التبّانة:

«يمكننا أن نستنتج... بما أنّه من المفترض للكون المرئيّ أن يكون ممتلئاً بالنُّظم النجميّة وعوالم الكواكب،... فإنّ الضخامة غير المتناهية هي امتلاءٌ لا محدود من الأكوان لا تختلف عن الكون المعروف... هذا الأمر الذي يمكن فيه أن تكون الاحتمالات كلّها هي الواقع الحقيقيّ، يُوضَّح إلى درجةٍ ما من خلال العديد من البقع الغائمة التي يمكن لنا أن ندركها أبعد من مناطقنا النجميّة، التي على الرغم من وجود مساحاتٍ مضيئةٍ فيها، إلّا أنّ أحداً لا يمكنه تمييز نجمٍ واحدٍ، أو جرْمٍ ما متشكّلٍ فيها؛ وقد تكون هذه الاحتمالات كوناً خارجيّاً متاخماً للكون المعروف لنا، وأبعد حتّى من أن تصل تلسكوباتنا إليه». (ص 177)

في الواقع، إنّ «البقع الغائمة» التي ذكرها رايت هي مجموعاتٌ من مئات المليارات من النجوم التي تقع في الفضاء البعيد، وأوّل ما تُرى أعلى وأسفل درب التبّانة. لقد اتّضح أنّ بقيّة السُّدُم هي سُحبٌ مجاورةٌ صغيرةٌ نسبيّاً من الغاز، وهي توجد غالباً ضمن نطاق درب التبّانة.

إنّ اكتشاف أنّ مجرّة درب التبّانة هي مجرّد واحدةٍ من حشْدٍ كبيرٍ من المجرّات التي تشكّل الكون كان من بين أهمّ الاكتشافات في تاريخ العِلم، حتّى لو جعلنا ذلك نشعر بالصِّغَر مرّةً أُخرى. كان الفلكيّ المسؤول عن ذلك الاكتشاف والشعور معاً هو إدوين هابل، الذي سُمّي باسمه تلسكوب هابل الفضائيّ، وقد كانت الأدلّة المسؤولة عن تأكيد ذلك هي صورة فوتوغرافيّة التُقطت في ليلة 5 تشرين الأول 1923، وكان الجهاز المسؤول هو تلسكوب جبل ويلسون ذو 100 بوصة، الذي كان أقوى تلسكوب في العالم في ذلك الوقت؛ أمّا الجرْم الكونيّ المسؤول عن هذا الاكتشاف، فهو سديم أندروميدا، الذي يُشاهَد بوضوحٍ في سماء اللّيل.

اكتشف هابل نجماً من النوع فائق السطوع داخل سديم أندروميدا، كان هذا النوع مألوفاً مسبقاً لعلماء الفلك من مسوحات النجوم الأقرب إلينا، وكانت المسافات إلى النجوم القريبة معروفةً؛ حيث يختلف سطوعها وفق بُعدها فقط، واستمدّ هابل -من خلال تطبيق قانون التربيع العكسيّ على سطوع النجم- المسافة التي يبعدها النجم في أندروميدا، والتي تحدّد موقع السديم أبعد من أيّ نجمٍ معروفٍ في نظام النجوم الخاصّ بنا، وكانت أندروميدا في الواقع مجرّةً كاملةً، يمكن تحليل ضبابها إلى مليارات النجوم، وتقع جميعها على بُعد أكثر من مليوني سنةٍ ضوئيّة. ليس الأمر أنّنا لسنا في مركز الكون فقط، بل حتّى مجرّتنا التي تمثّل المقياس

الأخير لغرورنا الإنسانيّ، قد تقلّصت بين ليلةٍ وضحاها إلى مجرّد لطخةٍ ضئيلةٍ في عالمٍ ممتلئٍ بمليارات اللُّطخ، أكبر بكثير ممّا يمكن أن يتخيّله أيّ أحد.

على الرغم من التوصّل إلى أنّ درب التبّانة هي واحدة فقط من المجرّات التي لا تُعدّ ولا تُحصى، ألا يمكن أن نظلّ في مركز الكون؟ بعد ستّ سنواتٍ فقط من اكتشاف هابل الذي قلّل من أهميّتنا، جمع بنفسه البيانات المتاحة كلّها حول حركة المجرّات، وقد تبيّن أنّها تنحسر جميعها تقريباً عن درب التبّانة بسرعاتٍ متناسبةٍ مباشرةً مع المسافات التي تبعدها عنّا.

أخيراً، كنّا ضمن شيءٍ مهمّ: الكون يتمدّد، وكنّا نحن مركزه.

لا، لن نُخدع مرّةً أُخرى؛ أنْ يظهر كما لو كنّا في مركز الكون لا يعني أنّنا كذلك. ففي الواقع، لقد كانت هناك نظريّة حول الكون تنتظر أن تظهر للعلن منذ عام 1916، عندما نشر ألبرت أينشتاين بحثَه حول النسبيّة العامّة - النظريّة الحديثة للجاذبيّة. في كون أينشتاين، ينحني نسيج الزمان والمكان بوجود الكتلة، وهذا الانحناء وحركة الأجسام استجابةً له هو ما نفسّره على أنّه قوّة الجاذبيّة، وعندما نطبّق ذلك المفهوم على الكون، تسمح النسبيّة العامّة بتمدّد الفضاء الكونيّ، حاملاً معه المجرّات المكوّنة له على طول الطريق.

إنّ النتيجة الرائعة لهذا الواقع الجديد تكمن في أنّ الكون يبدو للمراقبين كلّهم في كلّ مجرّةٍ كما لو أنّه يتّسع من حولهم، إنّه الوهم المطلق للأهميّة الذاتيّة، عندما لا تخدع الطبيعة الكائنات البشريّة على الأرض فحسب، بل أشكال الحياة جميعها التي عاشت على الإطلاق في كلّ زمانٍ ومكان.

لكنْ بالتأكيد، لا يوجد سوى كون واحد فقط، وهو الكون الذي نعيش فيه وهماً سعيداً، وحتّى هذه اللّحظة، ليس لدى علماء الفلك أيّ دليلٍ على وجود أكثر من كونٍ واحدٍ، لكنْ إذا توسّعنا جيّداً في عدّة قوانين فيزيائيّة، التي اختُبرت على نحوٍ جيّدٍ إلى أقصى حدودها (أو أبعد من ذلك)، فإنّه يمكننا وصف ولادة الكون الصغيرة والكثيفة كرغوةٍ فوّارةٍ من الزمكان المعقّد، والمعرّض للتقلّبات الكموميّة، ويمكن لكلّ واحدةٍ منها أن تولّد كوناً بأكمله وحْدها، في هذا الكون الخطِر، قد نشغل كوناً واحداً هو جزءٌ من «الكون المتعدّد»، الذي يشمل أكواناً أُخرى لا تُعدّ، ولا تُحصى، تظهر إلى الوجود وتختفي، وتؤول بنا هذه الفكرة على نحوٍ محرجٍ إلى أن نكون جزءاً أصغر ممّا كنّا نتصوّر. ما الذي كان سيعتقده البابا بولس الثالث حول ذلك؟

إنّ ورطتنا مستمرّةٌ، لكنّها أصبحت الآن على مقاييس أكبر؛ لخّص هابل هذه القضايا في

كتابه «عالم السُّدُم» عام 1936، لكنّ هذه الكلمات يمكن أن تنطبق على مراحل الجهل كلّها التي نمر بها:

> «حتّى الآن، ينتهي استكشاف الفضاء إلى نقطةٍ من عدم اليقين... نحن نعرف جوارَنا المباشر على نحوٍ وثيقٍ، ومع تزايد المسافة تتلاشى المعرفة، وعلى نحوٍ متسارع، وفي نهاية المطاف، نصل إلى الحدود الغامضة التي هي أقصى حدود قدرات التلسكوبات لدينا، وعند تلك الحدود نقيس الظلال، ونبحث بين الأخطاء الضئيلة في القياسات عن علامات استدلالٍ تكون بالكاد ذات أهميّة». (ص 201)

ما الدروس التي يمكن أن نتعلّمها من رحلة العقل هذه؟ أنّ البشر هشُّون عاطفيّاً، مخدوعون دائماً، سادةٌ جَهَلة على نحوٍ يائسٍ في نقطةٍ صغيرةٍ لا تُذكر من الكون.

طاب نهاركم.

- 4 -

شَرَك المعلومات

يفترض معظم الناس أنّه كلّما ازدادت المعلومات لديك عن شيءٍ ما، فهمتَه على نحوٍ أفضل.

عادةً ما يكون هذا الأمر صحيحاً إلى حدٍّ ما، فعندما تنظر إلى هذه الصفحة عبر الغرفة، تستطيع أن ترى أنّها في كتاب، لكنْ غالباً لا يمكنك تحديد الكلمات، اقتربْ بما يكفي، وستتمكّن من قراءة الفصل، لكنْ إذا وضعتَ أنفك أمام الصفحة مباشرةً، فلن يتحسّن فهمُك لمحتوى الفصل، ربّما سترى تفاصيل أكثر، لكنّك ستضحّي عندها بمعلوماتٍ مهمّة - كلماتٍ كاملةٍ، وجُملٍ كاملةٍ، وفقراتٍ كاملة. تشير القصّة القديمة عن الرجال العميان، الذين يتحسّسون الفيل ليتعرَّفوا إليه، إلى النقطة ذاتها: وقف كلٌّ منهم بالقرب من أحد أجزاء الفيل، أحدهم بالقرب من أنيابه الصلبة المدبّبة، وآخر قرب خرطومه المطّاطيّ الطويل، ووقف آخر قرب رِجله الغليظة المجعّدة، وآخر قرب ذَنَبه المتدلّي الذي يحمل شرابة في نهايته، وتحسّس كلٌّ منهم الجزء الذي بقربه فقط، وكانت النتيجة ألّا أحد منهم كان قادراً على معرفة الحيوان ككلّ.

أحد التحدّيات التي يتساءل حولها العلماء هو متى يجب أن نتراجع إلى الخلف، وكم يجب أن نتراجع، ومتى يجب أن نقترب إلى الأمام، ففي بعض السياقات، يؤدّي التقريب إلى الوضوح؛ وفي حالاتٍ أُخرى إلى التبسيط الزائد، كما تشير بعض التعقيدات أحياناً إلى وجود تعقيدٍ حقيقيٍّ، وأحياناً تفسد الصورة فقط. إذا أردتَ أن تعرف الخصائص العامّة لمجموعةٍ من الجزيئات في حالاتٍ مختلفةٍ من الضغط ودرجة الحرارة، على سبيل المثال، فإنّ تركيز الانتباه على ما تفعله الجزيئات الفرديّة سيكون غير ذي صلةٍ، بل ومضلّلاً تماماً أحياناً، فكما سنرى في القسم الثالث، لا يملك الجزيء الواحد درجة حرارة؛ لأنّ مفهوم درجة الحرارة بذاته يتعلّق

بمتوسّط حركة الجزيئات جميعها في المجموعة، وعلى النقيض من ذلك، في الكيمياء العضويّة، ستكون جاهلاً إن لم توجِّه اهتمامك إلى كيفيّة تفاعل جزيءٍ مفردٍ مع آخر.

إذنْ، متى يملك القياس، أو الملاحظة، أو أيّة خريطة ببساطة، الكميّة الكافية من التفاصيل؟

عام 1967، طرح بونوا ب. ماندلبروت -وهو عالِم رياضيّات في مركز أبحاث توماس ج. واتسون التابع لـ IBM في يورك تاون هايتس في نيويورك، وفي جامعة يال- سؤالاً في مجلّة ساينس:

«ما طول ساحل بريطانيا؟».

قد تتوقّع أن يكون سؤالاً بسيطاً بجوابٍ بسيطٍ، لكنّ الجواب أعمق ممّا يمكن لأحدٍ تخيّله.

لقد رسم المستكشفون ومصوّرو الخرائط السواحل منذ قرونٍ، وتصوّر الرسومات المبكّرة القارّات بحدودٍ بدائيّةٍ ومضحكةٍ؛ أمّا خرائط اليوم فهي عالية الدقّة، بعد أن أتاحت الأقمار الصناعيّة رسمها، وللبدء بالإجابة عن سؤال ماندلبروت، فما تحتاج إليه كلّه هو أطلس وخيط بكرة، مُدَّ خيط البكرة على طول محيط بريطانيا، من رأس دونت إلى ليزارد بوينت في الأسفل، وتأكّد من مرور الخيط على الخلجان والرؤوس جميعها، بعدها أُنشر الخيط، وقارن طوله مع مقياس الخريطة، أحسنت! لقد قمت بقياس طول الساحل.

إذا أردتَ أن تتأكّد من صحّة عملك، يمكنك أن تستعمل خريطةً تفصيليّةً أكثر، بمقياس (2.5 بوصة: 1 ميل) مثلاً، بخلاف الخريطة التي تظهر بريطانيا كلّها في لوحةٍ واحدة. ستظهر الآن خلجانٌ، وألسنةٌ، وجروفٌ صخريّةٌ يجب عليك أن تتبعها باستعمال خيط البكرة؛ الاختلافات صغيرة، لكنْ هناك الكثير منها، وستجد في النهاية أنّ الساحل في الخريطة التفصيليّة أطول منه في الأطلس.

إذنْ، أيّ قياس هو الصحيح؟ بالتأكيد القياس الذي يعتمد على الخريطة التفصيليّة، ومع ذلك، يمكنك الاعتماد على خريطةٍ أكثر تفصيلاً، خريطة تظهر كلّ صخرةٍ تقع عند قاعدة كلّ جُرف، لكنْ عادةً ما يتجاهل رسّامو الخرائط الصخور على الخريطة، ما لم تكن بحجم جبل طارق؛ لذا أعتقد أنّ عليك أن تسير على طول الساحل البريطانيّ بنفسك إذا أردت قياسه بدقّة، ومن الأفضل أن تحمل خيطاً طويلاً جدّاً لتتمكّن من أن تمدّه على كلّ ركنٍ وصدْع، لكنْ ما زلت غافلاً عن بعض الحصى، ناهيك عن جداول الماء التي تتقاطر بين حبيبات الرمل.

أين ينتهي ذلك كلّه؟ في كلّ مرّةٍ تقيس طول الساحل، سيزداد طولاً، وإذا أردت أن تأخذ

بالحسبان حدود الجزيئات، والذرّات، والجُسيمات ما دون الذريّة، هل سيثبت أنّ طول الساحل لا نهائيّ؟ ليس تماماً. كان ماندلبروت ليقول: «لا يمكن تحديده». ربّما نحتاج إلى بُعدٍ آخر لحلّ المشكلة، فقد يكون مفهوم البعد الواحد الطوليّ غير ملائمٍ لقياس التفافات السواحل.

ينطوي مفهوم ماندلبروت الذهنيّ على حقلٍ من حقول الرياضيّات ابتُكِرَ حدثياً، مستنداً إلى الأبعاد الكسريّة- أو الكُسيريّة (من المصطلح اللاتيني **Fractus** أي مكسور) عوضاً عن البُعد الواحد، والبُعدين، والأبعاد الثلاثة في الهندسة الإقليديّة الكلاسيكيّة. يجادل ماندلبروت أنّ المفاهيم العاديّة للأبعاد بسيطةٌ جداً لدرجة أنّه لا يمكنها وصف تعقيد السواحل، وقد اتّضح أن الكُسيريّة مثاليّةٌ لوصف الأنماط «المتشابهة ذاتيّاً»، التي تبدو متشابهةً تماماً لكنْ على مقاييس مختلفة. البروكلي، والسرخس، وبلّورات الثلج: هي أمثلةٌ جيّدةٌ من العالم الطبيعيّ على هذا المفهوم، لكنْ يمكن فقط لبعض البنى المولّدة في الكمبيوتر، والمكرّرة إلى لا نهاية أن تنتج الكُسيريّة المثاليّة، حيث يتكوّن شكل الكائن الكلّيّ من نسخٍ أصغر للشكل، أو النمط نفسه، التي تتكوّن بدورها من نسخٍ مصغّرةٍ أكثر من الشيء نفسه، وهكذا إلى أجلٍ غير مسمّى.

مع ذلك، عندما تصل إلى كُسيرٍ خالصٍ، وعلى الرغم من أنّ مكوّناته تتضاعف، لن تجد معلوماتٍ جديدةً في طريقك؛ لأنّ النمط يستمرّ في الظهور بالشكل ذاته، وعلى النقيض من ذلك، إذا نظرت أعمق، ثم أعمق في جسم الإنسان، ستصل في النهاية إلى الخليّة، وهي بنيةٌ معقّدةٌ للغاية، تتميّز بخصائص مختلفةٍ، وتعمل وفق قواعدَ مختلفةٍ عن تلك التي تسيطر على المستويات الكليّة للجسم، وعبورُ الحدود إلى داخل الخليّة يَكشِفُ عن كونٍ جديد من المعلومات.

ماذا لو قمنا بالاقتراب أكثر لنفهم كوكب الأرض نفسه؟ تُصوِّر إحدى أقدم التمثيلات للعالم، والموجودة على لوحٍ طينيٍّ بابليٍّ عمره قرابة 2600 عام؛ الأرضَ على أنّها قرصٌ محاطٌ بالمحيطات، في الواقع، عندما تقف وسط سهلٍ واسعٍ (كوادي نهري دجلة والفرات)، وتشاهد المنظر في كلّ اتّجاهٍ، تبدو الأرض فعلاً كقرصٍ مسطّح.

فيما بعد، لَحظ بعض اليونان القدماء، -من بينهم المفكّرون، مثل: فيثاغورث وهيرودوت- بعض المشكلات المتعلّقة بمفهوم الأرض المسطّحة، ففكّروا مليّاً في إمكانيّة أن تكون الأرض كرويّةً، وفي القرن الرابع قبل الميلاد، لخّص أرسطو -المنظِّم العظيم للمعرفة- عدداً من الحُجج التي تدعم وجهة النظر هذه، وكانت إحداها تستند إلى خسوف القمر، حيث يحدث بين الحين والآخر أن يعترض القمرُ -في أثناء دورانه حول الأرض- الظلَّ المخروطيَّ الذي تلقيه الأرض في

الفضاء، وعلى مدى عقودٍ من هذه المشاهدات، لَحظ أرسطو أنّ ظلّ الأرض على القمر كان دائرياً دائماً، وليصحّ ذلك، على الأرض أن تكون كرويّةً؛ لأنّ الكرة هي الجسم الوحيد الذي يلقي ظلّاً دائرياً عند تعرُّضه لأيّ مصدرٍ ضوئيٍّ، ومن الزوايا جميعها، وفي الأوقات كلّها. لو كانت الأرض قرصاً مسطّحاً، لكان الظلّ بيضوياً أحياناً، ولكان في أحيانٍ أُخرى خطّاً رفيعاً، وذلك عندما تواجه حافّةُ الأرض الشمس، ولكان الظلّ دائرياً فقط في حالة مواجهة الأرض للشمس.

قد تعتقد بالنظر إلى قوّة هذه الحُجّة، أنّ رسّامي الخرائط صنعوا نموذجاً كروياً للأرض في القرون القليلة التي تلت مناقشة أرسطو، لكنْ لم يفعلوا ذلك، ولن تظهر أوّل كرةٍ أرضيّةٍ معروفةٍ حتّى أعوام 1490-1492، في مرحلة رحلات الاستكشاف والاستعمار الأوروبيّة في المحيط.

إذنْ، نعم، الأرض كرويّة، لكنْ دائماً ما يكمن الشيطان في التفاصيل. اقترح نيوتن في كتابه «المبادئ» عام 1687 ما يلي: بما أنّ الأجسام الكرويّة التي تدور حول محورٍ تدفع بمادّتها إلى الخارج في أثناء دورانها، فكوكبنا (وسائر الكواكب الأُخرى) سيتسطّح قليلاً في القطبين، وينتفخ قليلاً عند خطّ الاستواء، بما يُعرف بالشكل الكرويّ المفلطح، ولاختبار فرضيّة نيوتن، بعد نصف قرنٍ، أرسلت الأكاديميّة الفرنسيّة للعلوم في باريس علماء الرياضيّات في بعثتين: الأولى إلى الدائرة القطبيّة، والثانية إلى خطّ الاستواء، وكلا البعثتين عليهما أن تقيسا طول درجة عرضٍ واحدةٍ من سطح الأرض على خطّ الطول نفسه، وكانت درجةُ العرض أطولَ قليلاً في الدائرة القطبيّة، ولا يمكن أن يصحّ ذلك إلّا إذا كانت الأرض مسطّحةً بعض الشيء. إذنْ، كان نيوتن محقّاً.

كلّما تسارع دوران الكوكب، ازداد انتفاخه عند خطّ الاستواء، ويستمرّ اليوم الواحد على كوكب المشتري ذي الدوران السريع عشر ساعاتٍ على كوكب الأرض، وهو الكوكب الأكثر ضخامةً في النظام الشمسيّ؛ كوكب المشتري أكبر بنسبة 7% عند خطّ الاستواء منه في أقطابه، بينما كوكب الأرض الأصغر حجماً، مع يومه الذي يستمرّ أربعاً وعشرين ساعةً، هو أكبر بنسبة 0.3% فقط عند خطّ الاستواء؛ أي: 27 ميلاً على قطر يقلّ قليلاً عن 8000 ميل؛ هذا شيءٌ يكاد لا يُذكر.

إحدى النتائج الرائعة لهذا التسطّح البسيط، أنّه إذا وقفت على مستوى سطح البحر عند خطّ الاستواء، فستكون في أبعد نقطةٍ عن مركز الأرض من أيّ مكانٍ آخر، وإذا أردت القيام بذلك على نحوٍ صحيحٍ، فعليك تسلّق جبل تشيمبورازو وسط الإكوادور، على مقربةٍ من خط الاستواء؛

حيث ترتفع قمّة تشيمبورازو أربعة أميالٍ عن مستوى سطح البحر، لكنّ الأهمّ من ذلك أنّها تقع أبعد بـ 1.33 ميلاً ممّا تبعده قمّة جبل إفرست عن مركز الأرض.

أسْهمت الأقمار الصناعيّة في تعقيد المسألة أكثر، ففي عام 1958، أرسل القمر الصناعيّ الصغير فانغارد1 معلوماتٍ تفيد بأنّ الانتفاخ الاستوائيّ جنوب خطّ الاستواء أكبر منه بقليلٍ عن شمال خطّ الاستواء، وليس هذا فحسب، بل ظهر أيضاً أنّ مستوى سطح البحر عند القطب الجنوبيّ أقرب إلى مركز الأرض من مستوى سطح البحر في القطب الشماليّ، وبعبارةٍ أُخرى، الكوكب له شكل الإجاصة.

يتلو ذلك الحقيقة المربكة بأنّ الأرض ليست جامدةً؛ فسطحها يرتفع وينخفض يوميّاً كما يتغيّر منسوب المحيطات عند الأرصفة القارّيّة بظاهرة المدّ والجزْر التي يسبّبها القمر، وتسبّبها الشمس أيضاً، لكنْ بدرجةٍ أقلّ، وتسبب قوى المدّ والجزْر اضطراب سطح الماء في الكوكب، ما يجعل السطح بيضويّاً، وهي ظاهرةٌ معروفةٌ، إلّا أنّ قوى المدّ والجزْر تؤثّر في الأرض الصلبة أيضاً، ولذا فإنّ نصف القطر الاستوائيّ يتذبذب يوميّاً وشهريّاً، بالترادف مع المدّ والجزْر في المحيطات ومراحل القمر.

إذنْ، الأرض بشكل إجاصة، كرويّة مفلطحة يتحرك انتفاخ سطحها كما يدور قوس الهولا هوب حول لاعب السيرك.

هل لهذه التعديلات من نهاية؟ غالباً لا. إن تقدّمنا بسرعةٍ إلى عام 2002، فقد أرسلت البعثة الفضائيّة الأمريكيّة الألمانيّة «غريس» (GRACE: Gravity Recovery and Climate Change) اثنين من الأقمار الصناعيّة لرسم مجسّم الأرض المائيّ[1]، الذي يُظهر شكل الأرض في حالة عدم تأثّر مستوى سطح البحر بتيّارات المحيط، أو المدّ والجزْر، أو الطقس، وبكلماتٍ أُخرى: السطح الافتراضيّ حيث تكون قوّة الجاذبيّة عموديّةً في كلّ نقطةٍ مرسومةٍ، وهكذا يجسّد مجسّمُ الأرض المائيّ الأفقَ الحقيقيّ، الذي يحتسب الاختلافات جميعها في شكل الأرض، وكثافة المادّة تحت السطحيّة، ولن يجد البنّاؤون، ومسّاحو الأراضي، ومهندسو القنوات المائيّة بعد الآن خياراً في عملهم سوى الامتثال لهذا المجسّم.

---

(1) Geoid أو المجسّم الأرضيّ المائيّ، وهو الشكل الذي يمكن أن تكون عليه الأرض فيما لو كانت مغطّاةً بالماء على نحوٍ كامل.(م).

مدارات الكواكب هي فئةٌ أُخرى من الإشكالات الظاهريّة، فهي ليست أحاديّة البُعد، ولا ثنائيّة، أو حتّى ثلاثيّة الأبعاد، بل هي متعدّدةُ الأبعاد تتكشّف في كلٍّ من المكان والزمان. سابقاً، قدَّم أرسطو فكرة أنّ الأجرام السماويّة مثبّتة على أسطح كراتٍ بلّوريّةٍ، وكانت الكرات هي التي تدور، ومداراتها دائريّة الشكل، وبالنسبة إلى أرسطو، وإلى القدماء جميعهم تقريباً، كانت الأرض في مركز هذا النشاط كلّه.

لم يوافق نيكولاس كوبرنيكوس على ذلك، وفي أعظم أعماله عام 1543، دوران الأجرام السماويّة، وضع الشمس في مركز الكون، ومع ذلك، حافظ كوبرنيكوس على المدارات دائريةً مثاليّةً، غيرَ مدركٍ لعدم تطابقها مع الواقع، وبعد نصف قرنٍ، وضع يوهانس كِبلر الأمور في نصابها في قوانينه الثلاثة للحركة الكوكبيّة؛ وهي أولى المعادلات التنبُّئيّة في تاريخ العلم، وأظهر أحد هذه القوانين أنّ المدارات ليست دائريّةً، بل ذات شكلٍ بيضويٍّ متفاوت الاستطالة.

ها قد بدأنا.

أُنظر إلى نظام «الأرض-القمر»؛ حيث يدور الجسمان حول مركزهما المشترك، وهو مركز مجموع كتلتهما المشتركة، الذي يقع على بعد 100 ميل عن سطح الأرض على المسافة بين الأرض والقمر. إذنْ، عوضاً عن الكواكب نفسها، فإنّ مراكزها المشتركة مع أقمارها هي من تتبع المدارات الإهليلجيّة الكِبلريّة حول الشمس في الواقع. إذنْ، ما مسار الأرض الآن؟ إنّه سلسلةٌ من الحلقات المتداخلة -ثلاث عشرة حلقةً في السنة، واحدة لكلّ دورةٍ من دورات القمر- تدور مع بعضها في قطعٍ ناقص.

الآن، لا يجذب القمر والأرض بعضهما فقط، بل الكواكب الأُخرى جميعها (وأقمارها) يتجاذبون أيضاً، الجميع يجذب الجميع، وكما تعتقد، فهي فوضى معقّدة، وستُشرَحُ على نحوٍ أوسع في القسم الثالث، إضافةً إلى ذلك، في كلّ رحلةٍ لنظام «الأرض-القمر» حول الشمس، يتغيّر اتّجاه القطع الناقص قليلاً، ناهيك عن أنّ القمر يبتعد حلزونيّاً عن الأرض بمعدّل بوصةٍ، أو اثنتين في السنة، وأنّ بعض المدارات في النظام الشمسيّ فوضويّة.

ما يمكن أن يُقال كلّه هو أنّ رقصة الباليه هذه للنظام الشمسيّ، التي تصمّمها قوى الجاذبيّة، هي أداء لا يمكن أن يقوم به إلّا ذكاءٌ يمتلكُ المعرفةَ والحُبّ، وإلى الآن، قد قطعنا شوطاً بعيداً عن الفكرة القديمة عن الأجرام المنفردة المنعزلة التي تدور في دوائر مثاليّة في الفضاء.

حتى الآن، نجد أنّ مسار النظام العلميّ يتشكّل بطرائق مختلفةٍ، اعتماداً على ما إذا كانت النظريّات تقود البيانات أم البيانات هي من تقود النظريّات، تخبرك النظريّة عمّا تبحث، فإمّا

أن تجده، وإمّا لا، فإذا وجدته، تتقدّم إلى السؤال التالي، وإذا لم تكن لديك أيّة نظريّةٍ، لكنّك تستعمل أدوات القياس، فستبدأ بجمع أكبر قدْرٍ من البيانات، وتأمل في ظهور أنماطٍ واضحة، لكنْ إلى أن تصل إلى فكرةٍ عامّةٍ، ستكون غالباً كمن يبحث في الظلام.

ومع ذلك، سيكون من الضّلال أن نعدّ كوبرنيكوس مخطئاً فقط لأنّ مداراته كانت ذات شكلٍ خاطئ، فمفهومه الأعمق -أنّ الكواكب تدور حول الشمس- هو ما يهمّ حقّاً، ومنذ ذلك الحين، نجح علماء الفلك في تصحيح هذا النموذج بالبحث أقرب وأقرب، ربّما لم يكن كوبرنيكوس في الملعب الصحيح، لكنّه كان بالتأكيد في الجانب الصحيح من المدينة؛ لذا، ربّما يبقى السؤال: متى نقترب ومتى نخطو إلى الوراء؟

والآن، تخيّل أنّك تتجوّل في شارعٍ في أحد أيّام الخريف الباردة، يسبقُك على بعد بناءٍ رجُلٌ أنيقٌ، فضّيّ الشّعر، يرتدي بدلةً زرقاء غامقة اللّون؛ من المستبعد أن تتمكّن من رؤية المجوهرات في يده اليسرى، وإذا زدت من سرعتك ووصلت إلى بُعد 30 قدماً عنه، ربّما تتمكّن من رؤية الخاتم الذي يرتديه، لكنّك لن ترى حجره القرمزيّ، أو التصميم الذي يحمله، وامشِ بجانبه مع عدسةٍ مكبّرةٍ وستعرف -إن لم ينزعج من مراقبتك له- اسم مدرسته، والدرجة العلميّة التي حصل عليها، والسنة التي تخرج فيها، وربّما تعرف حتّى شعار المدرسة، في هذه الحالة، كان الافتراض بأنّ الاقتراب يخبرنا بالمزيد صحيحاً.

بعد ذلك، تخيّل أنّك تحدِّق في لوحةٍ تنقيطية فرنسيّةٍ من أواخر القرن التاسع عشر، فإذا وقفت على بعد 10 أقدامٍ قد ترى رجالاً يرتدون القبّعات، ونساءً يرتدين تنانير طويلةً، وأطفالاً، وحيوانات أليفةً، ومياهاً متلألئة. عن قُرب، سترى فقط عشرات الآلاف من الشُرط، والنقاط، وخطوط الألوان، وبوضعك أنفك على قماش اللوحة، ستتمكّن من تقدير مدى تعقيد وروعة هذا التقنيّة، لكنْ فقط من بُعدٍ كافٍ ستظهر اللوحة كمشهدٍ واضح؛ إنّ هذه التجربة معاكسةٌ لتجربتك مع الرجُل صاحب الخاتم في الشارع، فكلّما اقتربت من التحفة الفنيّة النقطيّة، ازداد تشتّت التفاصيل، على النحو الذي يجعلك تدرك أنّ عليك الحفاظ على بُعدٍ محدّد.

ما أفضل طريقةٍ لالتقاط المشهد الذي تعبّرُ الطبيعةُ فيه عن نفسها؟ في الواقع، كلا الطريقتين. تقريباً، في كلّ مرّةٍ ينظر فيها العلماء عن قربٍ إلى ظاهرةٍ، أو إلى أيٍّ من سكّان الكون، سواء كان حيواناً أم خضاراً، أو نجماً، فإنّ عليهم أن يقيّموا أيّهما أكثر فائدةً، الصورة العامّة التي تحصل عليها عند التراجع بضعة أقدامٍ إلى الخلف أم الصورة القريبة، لكنْ هناك طريقةٌ ثالثةٌ هجينةٌ من الطريقتين السابقتين؛ حيث يوفّر لك النظر عن قُرب مزيداً من البيانات،

لكنّ البيانات الإضافيّة تضعُك في حيرةٍ إضافيّةٍ، وعندها تكون الرغبة ملحّةً في التراجع إلى الخلف، وكذلك الرغبة في المضيّ قُدُماً في الاقتراب، وبالنسبة إلى كلّ فرضيّةٍ تُؤكِّدُ بالاعتماد على بياناتٍ أكثر تفصيلاً، سيتعيَّن تعديل، أو رفض عشر فرضيّاتٍ أُخرى معاً؛ لأنّها لم تعد ملائمةً للنموذج، وقد تمرّ سنواتٌ، أو عقودٌ قبل أن تُصاغَ عشرات الرؤى الجديدة المبنيَّة على تلك البيانات، مثال على ذلك: الحلقات والحُليقات المزدحمة لكوكب زُحل، إليكم هذه القصص حول زُحل وحلقاته.

الأرض مكانٌ رائعٌ للعيش والعمل، لكنْ قبل أن ينظر غاليليو لأوّل مرّةٍ في التلسكوب عام 1609، لم يكن لدى أيّ أحدٍ وعيٌ، أو فهْمٌ لسطحٍ، أو تكوين، أو مناخ أيّ مكانٍ آخر في الكون، وفي عام 1610 لَحظ غاليليو شيئاً غريباً حول زُحل؛ ولأنّ مدى تقريب تلسكوبه كان ضعيفاً، فقد ظهر له كوكب زُحل كأنّه يملك مرافقَين: أحدهما على اليسار، والآخر على اليمين، فصاغ غاليليو ملحوظته في صيغة جناسٍ ناقص:

Smaismrmilmepoetaleumibunenugttauiras

حيث وضعه لضمان ألّا يتمكّن أحدٌ من سرقة اكتشافه الثوريّ غير المنشور من قبل، وعند فكّها وترجمتها من اللاتينيّة، تصبح العبارة: «لَحظتُ أنّ الكوكب الأعلى ذو ثلاثة أجسام». ومع مرور السنين، استمرّ غاليليو في مراقبة مرافقَي زُحل، وفي إحدى المراحل بدا كأنّهما أُذنَين؛ وفي مرحلةٍ لاحقةٍ اختفيا تماماً.

عام 1656، نظر العالم الفيزيائيّ الهولندي كريستيان هويغنز إلى زُحل، عبْر تلسكوب ذي دقّةٍ أعلى بكثيرٍ من تلسكوب غاليليو، الذي بُني لهدفٍ واضحٍ وهو فحص الكوكب بدقّةٍ وتمحيصٍ، وكان أوّل من فسَّر مرافقَي زُحل الشبيهين بالأُذنَين على أنّهما حلقةٌ بسيطةٌ مسطّحةٌ، وكما فعل غاليليو قبل نصف قرنٍ من الزمن، كتب هويغنز اكتشافه المُزلزِل، الذي لا يزال اكتشافاً بسيطاً، بشكل جناسٍ ناقص، وخلال ثلاث سنوات في كتابه نظام زُحل «Systema Saturnium»، أعلن هويغنز عن اكتشافه.

بعد عشرين عاماً، أشار جيوفاني كاسيني، مدير مرصد باريس الفلكيّ، إلى وجود حلقتين تفصل بينهما فجوةٌ، وعُرفت الفجوة باسم حاجز كاسيني، وبعد نحو قرنين من الزمن، فاز الفيزيائيّ الاسكتلنديّ جيمس كليرك ماكسويل بجائزة آدامز لاكتشافه أنّ حلقات زُحل لم تكن صلبةً، بل تتكوّن من العديد من الجُسيمات الصغيرة في مداراتها الخاصّة، ومع نهاية القرن

العشرين، حدّد المراقبون سبع حلقاتٍ مميّزةٍ لزُحل، وسمّوها بالأحرف من A إلى G، ليس ذلك فحسب، بل إنّ الحلقات نفسها تتكوّن من الآلاف من الأشرطة والحُليقات.

تفوق هذه الاكتشافات «نظرية الأُذن» لحلقات زُحل.

لاحقاً، جرى التحليق بالقرب من الكوكب عدّة مرّاتٍ في القرن العشرين: بايونير11 عام 1979، وفوياجر1 عام 1980، وفوياجر2 عام 1981، وأسفرت عمليّات التفتيش القريبة هذه عن أدلّةٍ تفيد بأنّ نظام الحلقات أكثر تعقيداً وإثارةً للحيرة ممّا يتخيّله أيّ أحد، مثلاً: تتجمّع الجُسيمات في بعض الحلقات في نطاقاتٍ ضيّقةٍ قرب ما يسمّى بالأقمار الراعية: وهي توابع صغيرة تدور بالقرب من الحلقات وداخلها، حيث تجذبُ قوى الجاذبيّة للأقمار الراعية جسيمات الحلقة في اتّجاهاتٍ مختلفةٍ، ما يعزّز من الثغرات العديدة بين الحلقات.

كما تؤدّي أمواج الكثافة، والرنين المداريّ، وغيرها من ميزات الجاذبيّة في أنظمة الجسيمات المتعدّدة، إلى ظهور خصائص مؤقّتة داخل الحلقات وبينها، على سبيل المثال: وعلى نحوٍ غامض، فإنّ «التدرّجات» المتنقّلة في الحلقة B من حلقات زحل، التي سجّلتها مسابر فوياجر الفضائيّة، ويُفترض أنّ المجال المغناطيسيّ للكوكب هو المسبّب لها؛ تلاشت من دون تفسيرٍ واضحٍ من مجال رؤية مركبة الفضاء كاسيني، التي ترسل صوراً من مدار زحل.

من أيّة مادّةٍ تتكوّن حلقات زُحل؟ من جليد الماء بالجزء الأكبر، إلّا أنّها تحوي بعض الشوائب الممتزجة بها، التي تشبه بتركيبها الكيميائيّ أحد أقمار الكوكب الكبيرة، وتشير الكيمياء الكونيّة لتلك البيئة إلى احتمال وجود عدّة أقمارٍ لزُحل من هذا القبيل سابقاً، وربّما كانت تلك الأقمار التي اختفت من دون سابق إنذارٍ، تدور في مكانٍ قريبٍ جدّاً من الكوكب العملاق، ما سبّب تمزُّقها بقوى المدّ والجزْر لزُحل.

بالمناسبة، زُحل ليس الكوكب الوحيد الذي يملك نظام حلقات؛ إذْ تبيّن لنا المشاهدات القريبة من المشتري، وأورانوس، ونبتون -وهي مع زُحل الكواكب الغازيّة العملاقة الأربعة في النظام الشمسيّ- أنّ لكلّ كوكبٍ منها نظام حلقاتٍ خاصّةٍ به، إلّا أنّ حلقات المشتري، وأورانوس، ونبتون لم تُكتشَف حتّى أواخر سبعينيّات وأوائل ثمانينيّات القرن العشرين؛ لأنّها بخلاف نظام حلقات زُحل المهيبة، مصنوعةٌ بنسبةٍ كبيرةٍ من موادّ مظلمةٍ، وغير عاكسةٍ للضوء كالصخور، أو حُبيبات الغبار.

إذنْ، قد يكون الفضاء القريب من كوكبٍ ما خطِراً إنْ لم يكن الجسم صلباً وكثيفاً، كما سنرى في القسم الثاني، فإنّ العديد من المُذنَّبات وبعض الكويكبات تشبه أكوام الأنقاض، وتتأرجح بالقرب من الكواكب في فضائها الخطِر، وتسمّى المسافة السحريّة، التي تتجاوز ضمنها قوة المدّ والجزْر للكوكب الجاذبيّةَ التي تحتفظ بهذا النوع من المتشرِّدين، باسْم «حد روتش»، التي اكتشفها عالم الفلك الفرنسيّ إدوارد ألبرت روتش في القرن التاسع عشر، وإذا تجوّلت داخل حد روتش، ستتمزّق إرْباً؛ وستتبعثر أجزاؤك وقطعك المفكّكة في مداراتٍ، وفي النهاية ستنتشر في حلقةٍ دائريّةٍ واسعةٍ ومسطّحة.

مؤخّراً، تلقّيتُ بعض الأخبار المزعجة عن زُحل من زميلٍ يدرس أنظمة الحلقات، وقد أشار بحزنٍ إلى أنّ مدارات الجُسيمات المكوّنة للحلقات غيرُ مستقرّة، وبذلك فإنّ الجُسيمات ستذهب كلّها في طرفة عينٍ فلكيّة: 100 مليون سنة، أو نحو ذلك، وكوكبي المفضّل سيفقد ما يجعله كوكبي المفضّل! لحُسن الحظّ، اتّضح أنّ التراكم الثابت، والأساسيّ، وغير المتناهي للجُسيمات بين الكواكب وبين الأقمار قد يُعيد تغذية الحلقات؛ أي: إنّ نظام الحلقات، مثل: الجلد الذي على وجهك؛ قد يستمرّ بالوجود، حتّى إنْ تغيّرت جُسيماته الراهنة.

ومؤخّراً أيضاً، وصلَت أخبارٌ أُخرى إلى الأرض عبر الصور التي أرسلتها المركبةُ كاسيني القريبة من حلقات زُحل، لكنْ ما هذه الأخبار؟ لنقل: إنّها أخبارٌ «مدهشة» و«مذهلة»! على حدّ تعبير كارولين سي بوركو، رئيسة فريق التصوير في البعثة، والمتخصّصة في حلقات الكواكب في معهد علوم الفضاء في بولدر/ كولورادو. تقول هذه الأخبار: إنّه في هذه الحلقات كلّها، وفي الوقت الراهن، لا يوجد خصائص متوقّعة، أو قابلة للتفسير، على سبيل المثال: تُظهِر البيانات حُليقات ذات نتوءاتٍ مدوّرةٍ، وحوافّ حادّة للغاية، وجُسيمات تلتحم في مجموعات، وتُظهِر أيضاً التثلُّج الصافي للحلقتين A و B مقارنةً بالشوائب الموجودة في حاجز كاسيني بينهما. ستشغل هذه البيانات الجديدة بوركو وزملاءها لسنواتٍ قادمة، وربّما سيشعرون بالحنين إلى الرؤية البعيدة القديمة لحلقات زُحل، ببساطتها ووضوحها.



- 5 -

علم العصا المغروزة في الطين[1]

على مدى قرنٍ، أو قرنين، قاد المزجُ المتنوّع بين التكنولوجيا المتقدّمة وبين التفكير الذكيّ اكتشافَ الكون، لكنْ لنفترض أنّك لا تملك تكنولوجيا، ولنفترض أنّ ما لديك كلّه في مختبرك في فناء المنزل هو عصا، ما الذي يمكن أن تتعلّمه؟ في الحقيقة، يمكنك تعلُّم الكثير.

مع الصبر والقياس الدقيق، يمكنك أنت وعصاك الحصول على كميّةٍ هائلةٍ من المعلومات حول مكاننا في الكون. لا يهمّ نوع المادّة التي صُنعت منها العصا، ولا يهمّ لونها، يجب فقط أن تكون العصا مستقيمة. ثبّت العصا بقوّةٍ في الأرض في مكانٍ ذي رؤيةٍ واضحةٍ للأفق، ونظراً لأنّك لا تستعمل التكنولوجيا، فإنّ بإمكانك أن تستعمل حجراً بديلاً عن المطرقة لتثبيت العصا في الأرض، وتأكّد من أنّ العصا ليست مرنةً، وأنّها تقف مستقيمة.

والآن، أصبح «مختبر إنسان الكهف» الخاصّ بك جاهزاً.

في صباحٍ صافٍ، تتبّع طول ظلّ العصا في أثناء شروق الشمس، وعند توسّطها السماء، وعند غروبها. سيبدأ الظلّ طويلاً، ثمّ سيقصر شيئاً فشيئاً، حتّى تصل الشمس إلى أعلى نقطةٍ لها في السماء، ثمّ يبدأ بالتطاول مجدّداً حتّى غروب الشمس. إنّ جمْع البيانات من هذه التجربة ليس مشوِّقاً، ويشبه مشاهدة حركة ساعة اليد على مدار الساعة، لكنْ بما أنّك تفتقر إلى التكنولوجيا الحديثة، فإنّه لا توجد الكثير من الأشياء المشوِّقة التي قد تسرق انتباهك. لاحِظ أنّه عندما يكون الظلّ في أقصر حالاته، يكون نصف اليوم قد مضى، وفي هذه اللحظة -التي تسمّى الظهيرة حسْب التوقيت المحليّ- يشير الظلّ إلى الشمال، أو إلى الجنوب مباشرةً، حسْب مكانك بالنسبة إلى خطّ الاستواء: شماله، أو جنوبه.

(1) يحمل عنوان الفصل: stick-in-the-mud science معنى العلم البدائيّ. (م).

لقد صنعتَ في الحال مِزوَلَةً شمسيّةً بدائيّةً، وإنْ أردت أنْ تبدو مثقّفاً، يمكنك أن تدعو العصا «شاخص المِزْوَلَة» (ما زلت أفضِّل «العصا»). لاحِظ أنّه في النصف الشماليّ من الكرة الأرضيّة؛ حيث بدأت أولى الحضارات، سيدور ظلّ العصا باتّجاه عقارب الساعة من اليمين إلى اليسار حول قاعدة العصا بينما تتحرك الشمس في السماء، وفي الواقع، هذا هو سبب دوران عقارب الساعة بهذا الاتّجاه اليوم.

إن كانت السماء خاليةً من السُّحُب، وكنت صبوراً بما يكفي لتكرار التجربة 365 مرّةً على التالي، فستلْحظ اختلاف موقع النقطة التي تشرق منها الشمس من يومٍ إلى آخر، وخلال يومين في السنة، يشير ظلّ العصا عند شروق الشمس إلى الجهة المعاكسة تماماً لظلّ العصا عند الغروب، وعندما يحدث ذلك، تشرق الشمس من الشرق تماماً، وتغرب في الغرب تماماً، ويتساوى اللّيل والنهار، هذان اليومان هما الاعتدالان: الربيعيّ، والخريفيّ (من اللاتينيّة «الليل المعتدل»)، وفي الأيّام الأُخرى جميعها، تشرق الشمس وتغرب في نقاطٍ أُخرى من الأفق؛ لذا فإنّ الشخص الذي اخترع المثل القائل: «الشمس تشرق دائماً من الشرق وتغرب في الغرب» لم يكن يبدي انتباهاً جيّداً إلى السماء.

إذا كنت في نصف الكرة الشماليّ في أثناء تتبّعك لنقاط شروق الشمس وغروبها، سترى أنّ هذه النقاط تزحف إلى الشمال من خطّ شرق-غرب بعد الاعتدال الربيعيّ، وتتوقّف في النهاية، ثمّ تعاود الزحف نحو الجنوب لمدّةٍ من الوقت، وبعد أن تعبُر خطّ شرق-غرب مجدّداً، يتباطأ الزحف نحو الجنوب، ثمّ يتوقّف، ويبدأ الزحف نحو الشمال مجدّداً، وتتكرّر هذه الدورة بأكملها سنويّاً.

يتغيّر مسار الشمس طوال الوقت، ففي الانقلاب الصيفيّ (من اللاتينيّة «الشمس الثابتة»)، تشرق الشمس وتغرب في أقصى نقطةٍ شماليّةٍ من الأفق، وتتبع أعلى مسارٍ لها في السماء، وهذا ما يجعل يومَ الانقلاب الصيفيّ أطول نهارٍ في السنة، ويكون ظلّ العصا في ظهيرة ذلك اليوم في أقصر حالاته، والعكس صحيح، فعندما تشرق الشمس وتغرب في أقصى نقطةٍ جنوبيّةٍ من الأفق، يكون مسار الشمس هو الأدنى في السماء، ما يجعل من ظلّ العصا في الظهيرة هو الأطول في السنة، وهو ما نسمّيه يوم الانقلاب الشتويّ.

بالنسبة إلى 60% من سطح الأرض و75% من سكّانها البشر، لا تكون الشمس على الإطلاق فوق رؤوسهم مباشرةً، ولِما تبقّى من كوكبنا، وهو حزامٌ بعرض 3200 ميل مركزه خطّ الاستواء، تصل الشمس إلى الذروة في يومين فقط من السنة (وفي يومٍ واحدٍ إن كنت تماماً في مدار السرطان، أو مدار الجدي). أراهن بأنّ الشخص الذي ادّعى أنّه يعرف من أين تشرق الشمس،

وأين تغرب في الأفق، هو نفسه صاحب القول غير الدقيق: «الشمس فوق الرأس مباشرةً في منتصف الظهيرة».

حتى الآن، مع عصا وحيدةٍ، وصبرٍ عميقٍ، لقد حدّدت النقاط الأربع الرئيسة على البوصلة، والأيّام الأربعة من السنة التي تميّز تغيُّر الفصول، وعليك الآن أن تخترع طريقةً لتوقيت الفاصل الزمنيّ بين ظهيرة اليوم واليوم الذي يليه. كان الكرونومتر[1] غالي الثمن سيساعدنا هنا، لكنّ ساعةً رمليّةً مصنوعةً جيّداً ستفي بالغرض، كلا الجهازين السابقين يمكِّنك بدقّةٍ كبيرةٍ من تحديد الوقت الذي تستغرقه الشمس لتدور حول الأرض، وهو ما يُعرف باليوم الشمسيّ. على مدار السنة بأكملها، تساوي هذه المدّة الزمنيّة 24 ساعة بالضبط، على الرغم من أنّ ذلك لا يحتسب الثواني الكبيسة التي تُضاف بين الحين والآخر لاحتساب تباطؤ دوران الأرض بسبب الجذب الثقاليّ الذي يمارسه القمر على محيطاتها.

لنعد إليك وإلى عصاك، لم ينتهِ عملنا بها بعد.

اِصنع خطّ رؤيةٍ من طرف العصا إلى بقعةٍ في السماء، واستعملْ أداة التوقيت التي تثق بها لتحديد زمن ظهور نجمٍ معروفٍ من كوكبةٍ معروفةٍ، في مكانٍ محدّدٍ بالنسبة إلى العصا، وبعد ذلك، وباستعمالك لأداة التوقيت نفسها، سجّل المدّة التي يستغرقها النجم ليتّسق مجدّداً مع عصاك من ليلةٍ إلى الليلة التي تليها. هذا الفاصل الزمنيّ هو اليوم الفلكيّ، الذي يستمرّ 23 ساعةً، و56 دقيقةً، و4 ثوان. إنّ عدم التطابق هذا، الذي يساوي 4 دقائق تقريباً، بين اليوم الفلكيّ وبين اليوم الشمسيّ يرغم الشمس على الانزياح عبْر أنماط نجوم السماء، ما يخلق الانطباع بأنّ الشمس تزور مجموعات النجوم في كوكبة تلو الأُخرى على مدار العام.

بالطبع، لا يمكنك أن ترى النجوم في النهار، باستثناء الشمس، لكنّ تلك النجوم المرئيّة بالقرب من الأفق بعد غروب الشمس مباشرةً، أو قبل شروقها، التي تحيط بموقع الشمس، تمكِّن المراقب الفَطِن الذي يملك ذاكرةً جيّدةً لأنماط النجوم؛ من أن يعرف الأنماط التي تقع خلف الشمس نفسها.

يمكنك الاستفادة من أداة التوقيت الخاصّة بك مجدّداً، والاستفادة من عصاك المغروزة في الأرض بتجربةٍ مختلفة؛ كلّ يومٍ لمدّة عامٍ كاملٍ، ضع علامةً حيث يسقط طرف ظلّ العصا عند

---

(1) الكرونومتر، أو المؤقّت: وهو نوعٌ من الساعات الدقيقة جدّاً التي تستخدم في البحريّة والطيران. لِعَدّ ساعةٍ أنّها «كرونومتر» يجب أن تُفحص في «المختبر السويسريّ للكرونومترات» طبقاً للنظام المعياريّ الدوليّ آيزو 3159 وتُعطى شهادة «COSC» عند اجتيازها الاختبار. (م).

الظهيرة، التي تحدّدها أداة التوقيت الخاصّة بك، ستظهر العلامة كلّ يومٍ في مكانٍ مختلفٍ، وبحلول نهاية العام، سيظهر لك شكل 8، والمعروف للعلماء بـ «Analemma».

لماذا؟ تميل الأرض على محورها بمقدار 23.5 درجة من مستوى النظام الشمسيّ، ولا يؤدّي هذا الميل إلى تعاقب الفصول المألوفة، والمسار المألوف الذي تعبُره الشمس في السماء فقط، بل هو أيضاً السبب الرئيس للشكل 8 الذي يظهر مع انتقال الشمس ذهاباً وإياباً عبْر خطّ الاستواء السماويّ خلال العام، إضافةً إلى ذلك، فإنّ مدار الأرض حول الشمس لا يشكّل دائرةً مثاليّةً، فوفقاً لقوانين حركة الكواكب التي وضعها كِبلر، يجب أن تتغيّر سرعتها المداريّة، حيث تتزايد مع اقترابنا من الشمس، وتتباطأ مع ابتعادنا عنها، ونظراً إلى أنّ معدّل دوران الأرض يبقى ثابتاً، يجب أن ننتبه إلى أنّ الشمس لا تصل دائماً إلى أعلى نقطةٍ في السماء عند حلول وقت «الظهيرة» تماماً، وعلى الرغم من أنّ هذا التحوّل بطيءٌ من يومٍ إلى آخر، إلّا أنّ الشمس تصل إلى هذا الحدّ بتأخّر 14 دقيقة في أوقاتٍ معيّنةٍ من السنة، وفي أوقاتٍ أُخرى، قد تصل أبكر بـ 16 دقيقة. فقط في أربعة أيّامٍ يكون وقت الساعة في الظهيرة مساوياً لوقت الشمس (وتقابل هذه الأيّام الأربعة على الترتيب نقطة القمّة، والقاعدة، ونقطتي الوسط من مسار الأرض ذي الشكل 8)؛ عندما يحدث ذلك، فإنّ هذه الأيّام هي 15 نيسان (لا علاقة لذلك بكونه يوم جمع الضرائب)، 14 حزيران (لا علاقة لذلك بكونه يوم العَلم الوطني)، 2 أيلول (لا علاقة لذلك بكونه عيد العمال)، و25 كانون الأوّل (لا علاقة لذلك بكونه عيد الميلاد).

بعد ذلك، استنسخ نفسك مع عصاك، وأرسل توأمك المستنسَخ إلى منطقةٍ مختارةٍ مسبقاً في الجنوب بعيداً خلف الأفق، واتّفق مع توأمك المستنسخ على أنْ تقيسا طول ظلّ العصا في الوقت ذاته من اليوم ذاته، وفي حال تساوى القياسان، فنحن نعيش على أرضٍ مسطّحةٍ، أو أرضٍ عملاقة؛ أمّا إن اختلف القياسان، فإنّه يمكن استعمال عمليّةٍ هندسيّةٍ بسيطةٍ لحساب محيط الأرض.

قام بذلك الفلكيّ والرياضيّ إراتوستينس من قورينا (276- 194 قبل الميلاد)، حيث قارن بين طولَيْ ظلَّين في فترة الظهيرة في مدينتين مصريّتين، هُما: سين (تُعرف الآن بأسوان)، والاسكندريّة، إلّا أنّه بالغ في تقدير البعد بينهما إلى 5000 ستوديوم[1]، وكانت النتيجة التي قدّمها إراتوستينس لمحيط الأرض صحيحةً ضمن مجال خطأ هو 15%، ومن هنا أتت كلمة الهندسة «geo-metry» وهي في الواقع كلمةٌ يونانيّةٌ ترجمتُها إلى الإنجليزيّة هي «earth measurement»؛ أي: «قياس الأرض».

---

(1) أستديوم (astadium): وحدةُ طولٍ إغريقيّةٌ قديمةٌ تتراوح بين 600-700 قدم. (م).

على الرغم من انشغالك بالعصيّ والحجارة لعدّة سنواتٍ، ستستغرق التجربة التالية دقيقةً واحدةً. أُطرق العصا في الأرض بزاويةٍ غير عموديّة، بحيث يبدو المشهد كعصا عاديّة مغروزة في الطين، ثمّ اِربط حجراً إلى نهاية خيطٍ رفيعٍ، واجعله يتدلّى من العصا؛ أصبح لديك الآن بندول، قِسْ طول خيط البندول، ثمّ انقر الحجر ليصبح البندول في حالة حركةٍ، واحسب عدد المرّات التي يتأرجح فيها الحجر في 60 ثانية.

ستجد أنّ عدد المرّات التي يتأرجح فيها البندول تعتمد بنسبةٍ قليلةٍ على عرض قوس البندول (المسار الذي يتحرّك فيه الحجر)، ولا تعتمد إطلاقاً على كتلة الحجر. ما يهمّ كلّه هو طول الخيط، وعلى أيّ كوكبٍ نقوم بهذه التجربة. الآن، وباستخدام معادلةٍ بسيطةٍ نسبيّاً، يمكنك استنتاج تسارع الجاذبيّة على سطح الأرض، التي هي قياسٌ مباشرٌ لوزنك؛ أمّا على القمر، الذي تعادل جاذبيّته سُدس جاذبيّة الأرض فقط، سيتحرّك البندول نفسه ببطءٍ أكثر، ما يخفض عدد مرّات التأرجح في الدقيقة الواحدة.

لا أظنّ أنّ هناك طريقة أفضل لقياس نبض كوكب.

حتّى الآن لم تقدّم العصا أيّ دليلٍ على أنّ الأرض نفسها تدور، فقط الشمس والنجوم الليليّة تدور في مراحلَ منتظمةٍ قابلةٍ للتنبّؤ؛ أمّا بالنسبة إلى التجربة التالية، عليك أن تجد عصا يزيد طولها عن 10 ياردات، واغرزها مجدّداً في الأرض بزاوية ميلٍ ما (أي: غير عموديّة)، ثمّ اربط حجراً ثقيلاً بخيطٍ طويلٍ ورفيعٍ يتدلّى من قمّة العصا، والآن، كما في المرّة السابقة، انقر الحجر، واجعل البندول في حالة حركة، سيسمح الخيط الطويل والعصا الطويلة للبندول أن يتأرجح بدون عائقٍ لساعاتٍ وساعات.

إذا تعقّبت بعنايةٍ الاتّجاه الذي يدور فيه البندول، وإذا كنت صبوراً جدّاً، ستلْحظ أنّ مستوي تأرجحه يدور ببطء. إنّ أكثر الأماكن إفادةً (من الناحية التعليميّة) لإجراء هذه التجربة هو القطب الشماليّ الجغرافيّ، (أو الجنوبيّ الجغرافيّ)، ففي القطبين يدور مستوي تأرجح البندول دورةً كاملة خلال 24 ساعة، وهو مقياسٌ بسيطٌ لاتّجاه وسرعة دوران الأرض تحته، وفي الأماكن الأُخرى جميعها على الأرض، باستثناء مكان امتداد خطّ الاستواء، سيستمرّ المستوي بالدوران، لكنْ بتباطؤٍ كلّما اتّجهنا من القطبين إلى خطّ الاستواء؛ أمّا عند خطّ الاستواء، لا يدور مستوي تأرجح البندول على الإطلاق، ولا تُظهِر هذه التجربة فقط أنّ الأرض هي التي تدور، وليس الشمس، بل تمكّننا أيضاً من تحديد مكاننا بالنسبة إلى خطوط العرض الجغرافيّ أيضاً، وذلك

بمساعدةٍ قليلةٍ من علم المثلّثات، من خلال حساب الزمن اللازم لدوران مستوي التأرجح دورةً واحدة.

كان أوّل من قام بذلك جان برنارد ليون فوكو، وهو عالِم فيزياءٍ فرنسيٌّ قام بالفعل بأقلّ التجارب المخبريّة كلفةً؛ حيث دعا زملاءه عام 1851 إلى تجربةٍ بعنوان: «تعالوا لرؤية دوران الأرض» في مبنى البانثيون في باريس، واليوم، يتأرجح بندول فوكو في متاحف العلوم والتكنولوجيا كلّها في العالم.

بالنظر إلى ما يمكن للمرء أن يتعلّمه كلّه من عصا بسيطةٍ مغروزةٍ في الأرض، ما الذي يمكن أن نتوصّل إليه بالاستعانة بما قدّمته مراصد ما قبل التاريخ الفلكيّة الشهيرة في العالم؟ على سبيل المثال: تُظهِر دراسةٌ استقصائيّةٌ عن الثقافات القديمة -من أوروبا وآسيا إلى إفريقيا وأميركا اللاتينيّة- وجودَ عددٍ كبيرٍ من الصروح الحجريّة التي كانت بمنزلة مراكز لعِلم الفلك ذات تقنيّةٍ منخفضةٍ، على الرغم من أنّ وظيفتها ربّما كانت مضاعفةً؛ إذْ كانت تُستخدم أحياناً كأماكن للعبادة، أو لتجسيد معانٍ ثقافيّةٍ عميقةٍ أُخرى.

في صباح يوم الانقلاب الصيفيّ في ستونهنج[1]، على سبيل المثال: تتّسق أحجارٌ عديدة في دوائرها ذات المركز المشترك بدقّةٍ مع شروق الشمس، بينما تتّسق أحجارٌ معيّنةٌ أُخرى مع نقاط طلوع القمر وغروبه. ظهرت منطقة ستونهنج قرابة 3100 قبل الميلاد، وتبدّلت خلال الألفي عام التالية؛ حيث دُمجت أحجارٌ متجانسةٌ كبيرة الحجم استُخرِجت من أمكنةٍ تبعد كثيراً عن موقعها الراهن في سهل ساليسبري في جنوب إنجلترا، ويقارب عددها ثمانين عموداً، أو نحو ذلك، وتزن كلٌّ منها عدّة أطنانٍ، وهي من جبال بريسلي التي تبعد قرابة 240 ميلاً؛ أمّا أحجار سارسن، التي يصل وزنها إلى 50 طناً، فهي من تلال مارلبورو على بُعد 20 ميلاً.

كُتب الكثير عن أهميّة ستونهنج، فقد أُعجب المؤرّخون والمراقبون العاديّون على حدٍّ سواء بالمعرفة الفلكيّة لهؤلاء الناس القدامى، وكذلك بقدرتهم على نقل مثل هذه الموادّ إلى مسافاتٍ بعيدةٍ، وهناك بعض المراقبين من أصحاب الخيال منبهرون لدرجة أنّهم يفترضون تدخّل حضارةٍ فضائيّةٍ في بناء هذا الصرح.

ما يزال عدم استخدام الحضارة القديمة -التي شيّدت هذا الصرح- الصخورَ القريبة سهلة النقل أمراً غامضاً، لكنّ المهارات والمعرفة التي تقدّمها ستونهنج ليست غامضة، هذا وقد

---

(1) ستونهنج: هو أثرٌ حجريٌّ يرجع إلى عصر ما قبل التاريخ، يقع في سهل سالزبري جنوب غرب إنجلترا، ويرجع تاريخه إلى أواخر العصر الحجريّ، وأوائل عصر البرونز، قرابة (3000-1000) قبل الميلاد، يتكوّن من مجموعةٍ دائريّةٍ من الأعمدة الحجريّة الكبيرة. (م).

استغرقت المراحل الرئيسة للبناء تقريباً بضع مئاتٍ من السنين، وربّما استغرق التخطيط المسبق مئة سنةٍ، أو نحو ذلك. برأيي، يمكنك بناء أيّ شيءٍ في خمسمئة عامٍ، ولن يكون مهمّاً اختيارك للمكان الذي ستحضر منه مادّة البناء، إضافةً إلى ذلك، فإنّ المعرفة الفلكيّة التي تقدّمها أحجار ستونهنج ليست أعمق ممّا يمكن اكتشافه بعصا مغروزة في الأرض.

لعلّ هذه المراصد القديمة تثير إعجاب الناس العصريّين؛ لأنّهم لا يعرفون كيف تتحرّك الشمس، والقمر، والنجوم، ذلك لأنّنا أكثر انشغالاً بمشاهدة التلفاز في المساء من أن نهتمّ لما يجري في السماء. أجل، بالنسبة إلينا، تبدو صخرة بسيطة متّسقة مع الأنماط الكونيّة كأنّها إنجازٌ لأينشتاين، لكنّ الحضارة الغامضة فعلاً هي تلك التي لم تُنشئ أيّة مرجعيّةٍ ثقافيّةٍ، أو معماريّةٍ تشير إلى السماء على الإطلاق.

القسم الثاني

معرفة الطبيعة

تحدّيات اكتشاف مكوّنات الكون

- 6 -

رحلةٌ من مركز الشمس

خلال حياتنا اليوميّة، نادراً ما نتوقّف لنفكّر في رحلة شعاع الضوء من مركز الشمس، حيث صُنع، وصولاً إلى سطح الأرض، ليصطدم بمؤخّرة أحدهم في أثناء استرخائه على شاطئٍ رمليّ. الجزء السهل من هذه الرحلة هو النزهة التي تستغرق 500 ثانية بسرعة الضوء من الشمس إلى الأرض، عبْر الفضاء بين الكوكبي. أمّا الجزء الصعب فهو مغامرة شعاع الضوء التي تستغرق مليون سنة للوصول من مركز الشمس إلى سطحها لينطلق بعدها في الفضاء.

في لبّ النجوم، الذي تبدأ درجة الحرارة فيه من 10 ملايين درجة على مقياس كِلفن، و15 مليون درجة بالنسبة إلى الشمس، تصل نوى الهيدروجين -الفاقدة لإلكترونها الوحيد منذ مدّةٍ طويلةٍ- إلى سرعاتٍ عاليةٍ بما فيه الكفاية لتتغلّب على تنافرها الطبيعيّ، وتصطدم ببعضها، وتنتج طاقةً من المادّة في أثناء حدوث الاندماج النوويّ الذي يولّد نواةَ هيليوم واحدة (He) من أربع نوى هيدروجين (H)، وبصرف النظر عن الخطوات الوسيطة للتفاعل، فإنّ الشمس تقول ببساطة:

$$4H \rightarrow He + Energy$$

في كلّ مرّةٍ تُصنع فيها نواة هيليوم، تنتج جسيماتٌ ضوئيّةٌ تُدعى فوتونات، تحمل الفوتونات ما يكفي من الطاقة لتكون على شكل أشعّة غاما، التي تُصنَّف علمياً كنوعٍ من الضوء يحمل أقصى طاقةٍ ممكنة، وتُولد فوتونات أشعّة غاما وهي بسرعة الضوء (186,282 ميلاً في الثانية)، لتبدأ رحلةً عفويّةً تنطلق فيها من الشمس.

يتحرّك الفوتون بدون أيّة إعاقةٍ في خطٍّ مستقيمٍ دائماً، لكنْ إن اعترض شيءٌ ما طريقَه، فإمّا أن يتشتّت، وإمّا أنْ يُمتصّ ليُبعث مرّةً أُخرى؛ وكلّ مصيرٍ سيؤدّي إلى رمي الفوتون في اتّجاهٍ مختلفٍ، وبطاقةٍ مختلفةٍ، ونظراً إلى كثافة مادّة الشمس، فإنّ الفوتون يتحرك في خطٍّ مستقيمٍ لزمنٍ أقلّ من جزءٍ من ثلاثين مليار من الثانية (1 من ثلاثين نانو ثانية)، وهي مدّةٌ كافيةٌ ليسافر فيها الفوتون قرابة سنتيمتر واحد قبل أن يتفاعل مع إلكترونٍ حرٍّ، أو ذرّة.

يمكن أن ينحرف مسار الفوتون الجديد بعد كلّ تفاعلٍ إلى الخارج، أو إلى الجانب، أو حتّى إلى الخلف. كيف إذنْ يمكن لفوتونٍ متجوّلٍ بلا هدفٍ أن يغادر الشمس؟ خُذ على سبيل المثال: ما يحدث لشخصٍ ثملٍ تماماً يخطو خطواتٍ باتّجاهاتٍ عشوائيّةٍ بعيداً عن عمود إضاءةٍ في الشارع، على نحوٍ مثيرٍ للفضول، تنصّ الاحتمالات على أنّ الشخص الثمل لن يعود إلى عمود الإضاءة، بل سيبتعد تدريجيّاً عنه؛ أي: إنّ الخطوات العشوائيّة تؤدّي إلى مسافاتٍ عشوائيّةٍ تتراكم محصّلاتها ببطءٍ، وتبعده عن العمود.

على الرغم من أنّه لا يمكنك التنبّؤ بدقّة بالمسافة التي سيقطعها شخصٌ ثملٌ واحدٌ مبتعداً عن عمود إضاءةٍ بعد عددٍ محدّدٍ من الخطوات، إلّا أنّه يمكنك بثقةٍ التنبّؤ بالبُعد الوسطيّ إذا استطعت أن تقنع عدداً كبيراً من الأشخاص الثملين أن يمشوا بعشوائيّةٍ لتجري تجربتك، وستُظهر بياناتك أنّه بالمتوسّط، تزداد المسافة بالتناسب مع الجذر التربيعيّ لعدد الخطوات، مثلاً: إذا خطا كلّ ثملٍ 100 خطوةٍ في اتّجاهاتٍ عشوائيّةٍ، سيكون متوسّط مسافة الابتعاد عن عمود الإضاءة مجرّد 10 خطوات، وإذا خطا كلّ ثملٍ 900 خطوةٍ، سيزداد متوسّط المسافة إلى 30 خطوةً فقط.

تبلغ خطوة الفوتون سنتيمتراً واحداً، وهي المسافة التي يقطعها خارجاً من مركز الشمس بدون أن يصطدم بشيء، وبذلك يلزمه القيام بما يقرب من 5 سكستيليون خطوة من «المشي العشوائي» ليعبر 70 مليار سنتيمتر من مركز الشمس إلى سطحها، وعندها ستبلغ المسافة الخطّيّة الكليّة المقطوعة قرابة 5000 سنةٍ ضوئيّة. ولأنّ الفوتون يتحرك بسرعة الضوء، سيستغرق 5000 سنةٍ ليقطع رحلةً بهذه المسافة، لكنْ عندما يُحسب ذلك بنموذجٍ أكثر واقعيّةً لبنية وخصائص الشمس، بالأخذ بعين الاعتبار أنّ نحو 90% من كتلة الشمس تتركز ضمن المسافة التي تصل من مركزها حتّى ربع قطرها فقط؛ لأنّ الشمس المكوّنة من الغاز تنضغط بتأثير ثقلها، وبإضافة الوقت الضائع خلال الرحلة في نقاط التوقّف بين امتصاص الفوتون وبين إعادة انبعاثه؛ فتستغرق الرحلة الإجماليّة نحو مليون سنة، ولو تمكّن الفوتون من السفر بمسارٍ خالٍ من العقبات من مركز الشمس إلى سطحها، لاستغرقت رحلته عوضاً عن ذلك 2.3 ثانية.

في وقتٍ مبكّرٍ في عشرينيّات القرن الماضي، كانت لدينا فكرةٌ عن المقاومة الكبيرة التي تواجه الفوتون في أثناء خروجه من الشمس، ويرجع الفضل إلى عالِم الفيزياء الفلكيّة السير آرثر ستانلي إدينغتون؛ لدراسته بُنية النجوم اعتماداً على أساسٍ فيزيائيٍّ جيّدٍ ليقدّم نظرةً ثاقبةً للمشكلة، وفي عام 1926، ألّف كتاب «البُنية الداخليّة للنجوم»، ونشره مباشرةً بعد اكتشاف الفرع الجديد للفيزياء المُسمّى ميكانيكا الكمّ، ولكنْ قبل 12 عاماً تقريباً من عدِّ الاندماج النوويّ الحراريّ رسميّاً مصدراً لطاقة الشمس. تجسّد تأمّلات إدينغتون العفويّة -في الفصل التمهيديّ من الكتاب على نحوٍ صحيحٍ- بعضاً من روح رحلة موجة الأثير (الفوتون) الصعبة:

> يحتوي النجم في داخله هرجاً ومرجاً من الذرّات، والإلكترونات، وأمواج الأثير، وعلينا التعاون للوصول إلى أحدث الاكتشافات في الفيزياء الذريّة لفهْم تعقيدات هذه الرقصة... حاول أن تتصوّر هذا الهيجان! تتصادم الذرّات بسرعة 50 ميلاً في الثانية، وتتمزّق وتفقد إلكتروناتها في هذه المشاجرة، وتسرع الإلكترونات الضائعة بسرعةٍ أكبر بمئة مرّةٍ لتجد أماكن جديدةً تستقرّ فيها. انتبهوا! يهرب الإلكترون من ألف خطرٍ وشيكٍ في جزءٍ من عشرة مليارات من الثانية... بعد ذلك... تلتقط ذرّةٌ ما الإلكترون وتتعلّق به، وبذلك تكون رحلة الحريّة للإلكترون قد انتهت، لكنْ لمدّةٍ وجيزةٍ فقط، وبالكاد تكون الذرّة قد رتّبت حزامها الجديد حين يصطدم بها كَمٌّ من الأمواج الأثيريّة، ومع انفجارٍ كبيرٍ جديدٍ يتحرّر الإلكترون مرّةً جديدةً ليقوم بالمزيد من المغامرات. (ص 19)

يستمرّ حماس إدينغتون لموضوعه، وهو يعرّف الأمواج الأثيريّة على أساس أنّها المكوّن الوحيد النشِط للشمس:

> بينما نراقب المشهد نسأل أنفسنا: هل يمكن أن تكون هذه هي الأحداث العظيمة للتطوّر النجميّ؟ إنّه أشبه بمرح تحطيم أوانٍ فخاريّةٍ في قاعةٍ موسيقيّة. الأمثال الهزليّة في الفيزياء الذريّة لا تراعي توجّه قِيمنا الجماليّة... إنّ الذرّات والإلكترونات بسرعتها كلّها لا تصل إلى أيّ مكانٍ، بل تغيّر أماكنها فقط، والأمواج الأثيريّة هي الوحيدة التي تنجز شيئاً ما، على الرغم من أنّها في الظاهر تندفع في الاتّجاهات كلّها من دون هدفٍ، فإنّها تحرز تقدّماً عامّاً بطيئاً نحو الخارج. (ص 19، 20)

في الربع الخارجيّ من نصف قطر الشمس، تنتقل الطاقة على نحوٍ أساسيٍّ عبْر الحمل الحراري المضطّرب، وهي عمليّةٌ لا تختلف عمّا يحدث في وعاءٍ يغلي فيه حساء الدجاج (أو وعاء يغلي فيه أيّ شيء)؛ حيث ترتفع فقاعاتٌ كاملةٌ من المادّة الساخنة بينما تغوص فقاعاتٌ

أُخرى أقلّ حرارةً، ومن دون عِلم فوتوناتنا التي تعمل بجهدٍ، يمكن لفقاعةٍ أن تغوص سريعاً عشرات الآلاف من الكيلومترات عائدةً إلى الشمس، وحاملةً الفوتونات التي تحويها إلى الأسفل مرّةً أُخرى، وبذلك تضيع آلاف من السنين من المشي العشوائيّ، بالطبع، العكس صحيحٌ أيضاً؛ إذْ يمكن للحمل الحراريّ أن يرفع سريعاً فقاعاتٍ تحوي فوتوناتٍ لتصبح قريبةً من السطح، ما يعزّز فرص هروبها من الشمس.

لكنّ حكاية رحلة فوتونات أشعّة غاما لم تكتمل بعْد؛ فمن مركز الشمس الذي تبلغ درجة حرارته 15 مليون كلفن إلى سطحها الذي تصل الحرارة فيه إلى 6000 كلفن، تنخفض درجة الحرارة بمعدّلٍ يبلغ 0.01 درجة لكلّ مترٍ، وفي كلّ عمليّة امتصاصٍ وإعادة انبعاث تميل فوتونات أشعّة غاما عالية الطاقة إلى توليد فوتوناتٍ متعدّدةٍ ذات طاقةٍ منخفضةٍ، وذلك على حساب وجودها، وتستمرّ أفعال الإيثار هذه لِطَيف الضوء بدءاً من أشعّة غاما إلى الأشعّة السينيّة، وإلى الأشعّة فوق البنفسجيّة، وإلى الأشعّة المرئيّة، وإلى الأشعّة تحت الحمراء؛ حيث تكفي طاقة فوتونٍ واحدٍ من أشعّة غاما لتوليد ألف فوتونٍ من الأشعّة السينيّة، التي يولّد كلٌّ منها في النهاية ألف فوتونٍ من الأشعّة المرئيّة. بعبارةٍ أُخرى: يمكن لشعاع غاما واحد أن يولّد بسهولةٍ أكثر من مليون فوتون من الأشعّة المرئيّة، والأشعّة تحت الحمراء، في الوقت الذي تقوده مسيرته العشوائيّة إلى سطح الشمس.

من بين كلّ نصف مليار فوتون ينبعث من الشمس، يتوجّه فوتونٌ واحدٌ إلى الأرض. أعلم أنّ هذا يبدو هزيلاً، ولكنْ نظراً إلى حجم كوكبنا وبُعده عن الشمس، فإنّ ذلك هو إجماليّ نصيب الأرض الصحيح؛ أمّا الفوتونات الباقية، فتتوجّه إلى أماكن أُخرى في الكون.

بالمناسبة، يُعرَّف «سطح» الشمس الغازيّ بالطبقة التي تخطو فيها الفوتونات بسيرها العشوائيّ خطوتها الأخيرة قبل أن تهرب إلى الفضاء بين الكوكبي. ومن هذه الطبقة فقط يمكن للضوء أن يصل إلى عينيك على طول خطّ البصر من دون عائق، الذي يسمح بتقييمٍ ذي معنى لأبعاد الشمس. عموماً، ينشأ الضوء ذو الأطوال الموجيّة الأطول عميقاً داخل الشمس، في حين ينشأ الضوء ذو الأطوال الموجيّة الأقصر في الطبقات العليا. على سبيل المثال: يظهر قطر الشمس أصغر قليلاً عند قياسه باستعمال الأشعّة تحت الحمراء منه عند قياسه بالضوء المرئيّ، وسواء أخبرتك الكتب التي تقرؤها أم لا، فإنّ القِيم المدرجة لقطر الشمس تكون عادةً بأبعادٍ قيست باستعمال الضوء المرئيّ.

لا تتحوّل طاقة فوتونات أشعّة غاما كلّها، ذات الطاقة العالية، إلى فوتوناتٍ ذات طاقةٍ أقلّ؛ حيث يعمل جزءٌ من الطاقة على دفع الحمل الحراريّ المضطّرب الكبير، الذي بدوره يدفع

أمواج الضغط التي تقرع الشمس كما يقرع الجرس ناقوسه، وتُظهِر القياسات الدقيقة للطيف الشمسيّ -عند رصدها باستمرارٍ- تذبذباتٍ صغيرةً يمكن تفسيرها بالطريقة نفسها التي يفسِّر بها علماء الزلازل والجيولوجيا أمواج الصوت تحت سطح الأرض الناتجة عن الزلازل، هذا النمط من الذبذبات معقّدٌ للغاية في الشمس؛ لأنّ العديد من أوضاع التذبذب تعمل في وقتٍ واحدٍ، وتكمن أعظم التحدّيات للمختصّين في علم التذبذبات الشمسيّة في تحليل هذه التذبذبات إلى أجزائها الرئيسة، وبذلك استنتاج حجم وبُنية السمات الداخليّة التي تسبّبها. سيحدث «تحليلٌ» مشابهٌ لصوتك إنْ صرخت أمام بيانو مفتوح؛ حيث ستسبّب أمواج صوتك اهتزازاتٍ لأوتار البيانو تتوافق مع مجموعة التردّدات التي تشكّل صوتك.

نُفّذ مشروعٌ لدراسة ظاهرة التذبذب الشمسيّ من قِبل مجموعة شبكة التذبذب العالميّة GONG (اختصار آخر فاتن: The Global Oscillation Network Group)، وسمحت المراصد الشمسيّة المجهّزة على نحوٍ خاصّ، التي تمتدّ عبْر مناطق العالم الزمنيّة (جُزر هاواي، وكاليفورنيا، وتشيلي، وجُزر الكناري، والهند، واستراليا) بالرصد المستمرّ للتذبذبات الشمسيّة، ودعمت النتائج التي طال انتظارها معظم المفاهيم الراهنة للبُنية النجميّة، خاصّةً فكرة حركة الطاقة نتيجة سير الفوتونات العشوائيّ في الطبقات الداخليّة للشمس، ثمّ بالحمل الحراريّ المضطّرب على مقياسٍ أكبر في طبقاتها الخارجيّة. أجل، بعض الاكتشافات عظيمة؛ لأنّها ببساطة تؤكّد ما كنّا نشتبه به طوال الوقت.

من الأفضل أن نعدّ أنّ المغامرات البطوليّة عبْر الشمس تقوم بها الفوتونات على نحوٍ خاصٍّ دون غيرها من أشكال الطاقة، أو المادّة الأُخرى، فلو ذهب أيّ أحدٍ منّا عبْر هذه الرحلة، فسوف يُسحق بالطبع، ويتبخّر، ويُجرّد من كلّ إلكترونٍ في ذرّات جسمه، وإنْ صرفنا النظر عن هذه المخاطر، أتخيّل أنّه يمكن بسهولةٍ بيع تذاكر إلى هذه الرحلة المثيرة، لكنْ بالنسبة إلي، سأكتفي بمعرفة القصّة عوضاً عن الذهاب إلى هناك، وفي كلّ مرّةٍ أتشمّس فيها على الشاطئ، سأفعل ذلك بكلّ احترامٍ للرحلة التي قام بها كلّ فوتونٍ يصل إلى جسدي، مهما كان هذا الجزء من جسدي.

- 7 -

موكب الكواكب

عند دراسة الكون، من الصعب التوصّل إلى قصّةٍ أفضل من تلك التي تمتدّ إلى تاريخٍ من القرون، والتي تضمّ محاولات الإنسان لفهْم الكواكب؛ تلك الأجرام الجوّالة في السماء التي تتحرك على خلفيّةٍ من النجوم. من بين الأجسام الثمانية الموجودة في نظامنا الشمسيّ، التي لا جدال في أنّها كواكب، هناك خمسة منها يمكن رؤيتها بالعين المجرّدة، وهي المعروفة لدى القدماء، كما عُرفت لمن كان دقيق الملاحظة من سكان الكهوف، وكان كلّ واحدٍ من الكواكب الخمسة: عطارد، والزهرة، والمرّيخ، والمشتري، وزُحل؛ مُرتبطاً بشخصيّة الإله الذي يحمل اسمه، مثلاً: سُمّي عطارد (Mercury)، صاحب الحركة الأسرع على خلفيّة نجوم السماء، نسبةً إلى الإله الرسول الرومانيّ، الذي كان يُصوَّر عادةً بأجنحةٍ غير مفيدةٍ للطيران على كعبيه، أو قبّعته، والمرّيخ (Mars)، الوحيد من بين الجوّالة الكلاسيكيّين (الكلمة اليونانية كوكب Planete تعني جوّال Wandere) الذي يملك لوناً مائلاً إلى الحُمرة؛ لذلك سُمّي باسْم إله الحرب وسفك الدماء الرومانيّ، وهناك الأرض، وهي بالطبع مرئيّةٌ بالعين المجرّدة أيضاً، فقط أُنظر تحتك لتراها، لكنّ الأرض لم تُعرّف كواحدةٍ من عصابة الكواكب حتّى عام 1543، عندما قدّم نيكولاس كوبرنيكوس نموذجه للكون المتمركز حول الشمس.

كانت الكواكب وما تزال مجرّد نقاطٍ ضوئيّةٍ تعبُر السماء لمن لا يملك تلسكوباً، واستمرّ ذلك حتّى القرن السابع عشر، مع انتشار التلسكوبات، حين اكتشف علماء الفلك أنّ تلك الجوّالة كانت أجراماً سماويّةً، ولم تُدرس الكواكب من مسافةٍ قريبةٍ حتّى القرن العشرين بوساطة المسابير الفضائيّة، وعلى الأرجح لن يتمكّن الناس من زيارتها حتّى وقتٍ لاحقٍ من القرن الواحد والعشرين.

كان للإنسانيّة أوّل لقاءٍ تلسكوبيٍّ مع جوّالة السماء في شتاء 1609-1610. بمجرّد سماعه بالابتكار الهولنديّ لـ«التلسكوب» عام 1608، قام غاليليو غاليليه بصنع تلسكوب ممتاز من تصميمه، ورأى من خلاله أنّ الكواكب كانت أجراماً سماويّةً، وربّما كانت عوالم أُخرى كذلك، بلْ حتّى اكتشف أنّ أحد هذه الكواكب، الزهرة اللامع، يمرّ بأطوارٍ مثل القمر: الزهرة الهلال، والزهرة المحدَّب، والزهرة الكامل، وهناك كوكبٌ آخر، المشتري، ولديه أقمار خاصّة به، واكتشف غاليليو الأقمار الأربعة الأكبر له: غانيميد، وكاليستو، وآيو، ويوروبا، كلّها أسماء اختيرت من شخصيّاتٍ متنوّعةٍ من حياة الإله اليونانيّ زيوس المكافئ للإله جوبيتر.

أبسط طريقةٍ لتفسير أطوار كوكب الزهرة، وكذلك السمات الأُخرى لحركته في السماء، هي أنّ الكواكب تدور حول الشمس، وليس حول الأرض، وبالفعل، أيّدت ملحوظات غاليليو بقوّةٍ نموذج الكون الذي وضعه كوبرنيكوس.

زادت أقمار المشتري من قوّة نظريّة كوبرنيكوس، على الرغم من أنّ تلسكوب غاليليو، الذي تمتّع بقدرة تقريبٍ لا تتعدّى 20 مرّة، لم يستطع عرض الأقمار بدقّةٍ أفضل من أربع نقاطٍ مضيئةٍ، إلّا أنّه لم يتمكّن أحدٌ من قبْل من رصْد أيّ جسمٍ سماويٍّ يدور حول شيءٍ آخر غير الأرض، وكانت تلك ملحوظةً صادقةً وبسيطةً للكون، إلّا أنّ الكنيسة الكاثوليكيّة الرومانيّة والمنطق «العام» آنذاك كانا بعيدين عن ذلك. اكتشف غاليليو بتلسكوبه تناقضاً مع العقيدة القائلة: إنّ الأرض تحتلّ مركز الكون: المكان الذي تدور حوله الأجرام كلّها، وأعلن غاليليو عن اكتشافاته المُقنِعة في وقتٍ مبكّرٍ من عام 1610، في كتابٍ قصيرٍ، لكنّه مبتكرٌ، كان عنوانه *Sidereus Nuncius* «الرسول النجميّ»[1].

بمجرّد أنْ أصبح نموذج كوبرنيكوس مقبولاً على نطاقٍ واسعٍ، أصبح من الجائز القول: إنّ السماوات هي النظام «الشمسي»، وإنّ للأرض مكاناً مناسباً كأحد ستّة كواكب معروفة. لم يتخيّل أحدٌ أن يكون هناك أكثر من ستّة، ولا حتّى الفلكيّ الإنجليزيّ السير وليام هيرشل، الذي اكتشف كوكباً سابعاً عام 1781.

في الواقع، يعود الفضل في أوّل رؤيةٍ مسجّلةٍ للكوكب السابع إلى عالِم الفلك الإنجليزيّ جون فلامستيد، أوّل فلكيٍّ بريطانيٍّ مَلَكيّ، لكنْ عام 1690، عندما لَحظ فلامستيد الجرْمَ، لم يرَه يتحرك؛ لذا افترض أنّه نجمٌ آخر في السماء، وسمّاه توري 34، وعندما رصد هيرشل «نجم» فلامستيد يتحرّك في خلفيّة نجوم السماء، أعلن -وهو يعمل ضمن افتراضٍ محدودٍ بأنّه لا

(1) (The Starry Messenger, By Galileo Galilei.).

يوجد المزيد من الكواكب لتُكتشف- أنّه قد اكتشف مُذنَباً. فالمُذنّبات كانت معروفةً بحركتها وبإمكانيّة اكتشافها، وكان هيرشل سيُسمّي الجرْم المُكتشف حديثاً «نجم جورج»، على اسم الملك الداعم له، جورج الثالث ملك إنجلترا. لو قَبِل المجتمع الفلكيّ هذه الرغبة، لكان نظامنا الشمسيّ اليوم مكوّناً من: عطارد، والزهرة، والأرض، والمرّيخ، والمشتري، وزُحل، وجورج، لكنْ لم يُستَجب لرغبة التملُّق هذه، وسُمِّي الجرم أورانوس، تماشياً مع أسماء إخوته الكلاسيكيّة، على الرغم من أنّ بعض علماء الفلك الفرنسيِّين والأمريكيّين ظلّوا يطلقون عليه اسم «كوكب هيرشل» حتّى عام 1850؛ أي: بعد عدّة سنواتٍ من اكتشاف الكوكب الثامن، نبتون.

مع مرور الوقت، استمرّ تطوّر التلسكوبات حجماً ودقّةً، لكنّ التفاصيل التي يمكن لعلماء الفلك اكتشافها على أسطُح الكواكب لم تتحسّن كثيراً؛ لأنّ كلّ تلسكوب، مهما كان حجمه، كان يُظهِر الكواكب من خلال الغلاف الجويّ المضطّرب للأرض، وبذلك تظهر حتّى أفضل الصور مشوّشةً بعض الشيء، لكنّ هذا لم يمنع المراقبين الشجعان من اكتشاف بعض المعالم، مثل: بقعة المشتري الحمراء، وحلقات زُحل، وقطبَي المرّيخ الجليديّين، والعشرات من أقمار الكواكب الأُخرى، ومع ذلك، كانت معرفتنا بالكواكب ضئيلةً، وحيث يتربّص الجهل، تتربّص أيضاً حدود الاكتشاف والخيال.

لنأخذ مثلاً: حالة بيرسيفال لويل، رجُل الأعمال وعالِم الفلك الأمريكي ذي المخيّلة الواسعة، الذي قدَّم مساعيه في علم الفلك في نهاية القرن التاسع عشر، والسنوات الأولى من القرن العشرين؛ إذْ يرتبط اسْم لويل دائماً بـ«قنوات» المرّيخ، و«الخطوط الشعاعيّة» في الزهرة، وبحثه عن الكوكب X، وبالطبع مرصد لويل الفلكيّ في فلاغستاف/ أريزونا، ومثل العديد من الباحثين حول العالم، اقتنع لويل في أواخر القرن التاسع عشر بمقترح عالِم الفلك الإيطاليّ جيوفاني شياباريلي بأنّ العلامات الخطيّة المرئيّة على سطح المرّيخ كانت «قنوات مائيّة»، وكانت المشكلة أنّ الكلمة تعني: «أودية»، أو «مجاري»، لكنّ لويل اتخذ قراراً خاطئاً في ترجمتها إلى «قنوات»؛ لأنّ تلك الأودية كانت مشابهةً في الحجم للمشاريع الكبرى على الأرض. كان خيال لويل جامحاً، وقام بتكريس نفسه لمراقبة ورسْم خرائط شبكة القنوات المائيّة على الكوكب الأحمر، التي بالتأكيد (أو هذا ما آمن به بقوّة) قام ببنائها سكّان المرّيخ المتقدّمون، واعتقد لويل أنّ المدن المرّيخيّة، بعد أن استنفدت مصادرها من المياه المحليّة؛ كان عليها حفر قنوات مياهٍ لنقل المياه من قطبَي المرّيخ الجليديّين المعروفين إلى المناطق الاستوائيّة الأكثر اكتظاظاً بالسكّان؛ كانت القصّة جذّابةً، وأسْهمت في توليد الكثير من حكايات الخيال العلميّ.

كان لويل أيضاً مفتوناً بكوكب الزهرة، الذي تجعله غيومه الدائمة ذات الانعكاسيّة الكبيرة من أكثر الأجرام سطوعاً في سماء اللّيل. يدور الزهرة على بُعد مسافةٍ قريبةٍ من الشمس نسبيّاً؛ لذا ما إنْ تغرب الشمس، أو قبل شروقها بقليل، يلمع كوكب الزهرة، ونراه رائعاً عند الشفق، ولأنّ السماء في وقت الشفق تكون غنيّةً بالألوان، يحدث كثيراً أن يتوهّم الناس رؤية أجسامٍ طائرةٍ، ومجهولةٍ، ومتوهّجةٍ في الأفق، ما يدفعهم للاتّصال بالشرطة.

تمسّك لويل بفكرة أنّ لكوكب الزهرة شبكةً من الخطوط الهائلة المتوضّعة شعاعيّاً، والمنبثقة من نقطةٍ مركزيّةٍ، وبقيت الخطوط التي شاهدها لغزاً غامضاً. في الحقيقة، لم يستطع أحدٌ تأكيد ما رآه إنْ كان على المرّيخ أم على الزهرة، ولم يزعج ذلك الفلكيّين الآخرين؛ لأنّ الجميع كان يعلم أنّ موقع مرصد لويل على قمّة جبلٍ كان أحد أفضل المواقع في العالم؛ لذا إنْ لم ترَ ما رآه بيرسيفال على المرّيخ، فلا بدّ من أنّ تلسكوبك والجبل الذي يقع عليه لم يكونا جيّدين كمرصده.

بالطبع، حتّى بعد تطوّر التلسكوبات، لم يتمكّن أحدٌ من أن يكرّر ما اكتشفه لويل، وتُذكَر هذه القصّة اليوم على أنّها إحدى الحوادث التي قوّضت فيها الرغبةُ المُلحّة في الإيمان الحاجةَ إلى الحصول على بيانات دقيقة وسليمة، ومن المثير للفضول أنّه لم يتمكّن أيّ أحدٍ من شرح ما يحصل في مرصد لويل حتّى القرن الواحد والعشرين.

كتب شيرمان شولتز -طبيب عيون من سانت بول/ مينيسوتا- رسالةً يردّ فيها على مقالٍ نُشر بتاريخ شهر تموز 2002 في مجلّة السماء والتلسكوب *Sky and Telescope*، وأشار شولتز إلى أنّ الإعداد البصريّ المفضّل عند لويل للتلسكوب في أثناء دراسته لسطح كوكب الزهرة كان مشابهاً للأداة المستعملة لفحص المناطق الداخليّة للعين، وبعد النظر ببعض الآراء، أثبت شولتز أنّ ما شاهده لويل على سطح الزهرة كان شبكة الظلال التي تلقيها الأوعية الدمويّة على شبكيّة عينيه، وبالفعل، عندما تقارن مخطّط لويل لخطوط الزهرة مع مخطّطٍ للعين، ستتطابق الشبكة مع الأوعية الدمويّة العينيّة، وعندما تجمع الحقيقة المؤسفة بأنّ لويل عانى ارتفاع ضغط الدم، الذي يظهر بوضوحٍ في الأوعية الدمويّة العينيّة، مع إرادته بالتصديق، فليس من العجيب أن يربط رؤيته للزهرة وللمرّيخ بفكرة أنّهما مكتظّان بسكّانٍ أذكياء قادرين على ابتكار التكنولوجيا.

مع الأسف، لم يحالف الحظّ لويل في بحثه عن الكوكب X أيضاً، وهو الكوكب الذي اعتقد أنّه يقع خلف نبتون؛ فقد أثبت الفلكيّ اي. مايلز ستانديش جونيور في وقتٍ لاحقٍ، في منتصف التسعينيّات، وعلى نحوٍ حاسمٍ، أنّه لا وجود للكوكب X، لكنّ بلوتو، الذي اكتُشِف في مرصد لويل في شباط عام 1930، بعد قرابة 13 سنة من وفاة لويل، كان بمنزلة اقترابٍ جيّدٍ من الفكرة لبعض الوقت، وبدأت النقاشات بين علماء الفلك، بعد أسابيع من إعلان الاكتشاف، إنْ

كان يصحُّ عَدّ بلوتو كوكباً، ليكون الكوكب التاسع في مجموعتنا الشمسيّة أم لا، فقرّرنا في مركز روز للأرض والفضاء[1]، بأن نعدّ بلوتو مذنّباً عوضاً عن كونه كوكباً، حيث أصبحتُ جزءاً من هذا النقاش عن غير قصد، ويمكنني أن أؤكّد لك أنّ هذا الموضوع لم يُحسم بعد. كويكب، كويكب سيّار، كويكب سيّار كبير، كويكب سيّار جليديّ، كوكب صغير، كوكب قزم، مذنّب عملاق، جرم من حزام كايبر، جرم عابر لمدار نبتون، كرة ميثان ثلجيّة، كلب ميكي ماوس المُسمّى بلوتو، أيّ اسْمٍ باستثناء الكوكب التاسع، هذا ما نجادل فيه -نحن الرافضين- لِعَدّهِ كوكباً. إنّ بلوتو صغيرٌ جدّاً، وخفيف الوزن جدّاً، وجليديٌّ جدّاً، وذو انحرافٍ مركزيٍّ كبيرٍ في مداره، وغريب الأطوار في مساره جدّاً، ولا يتصرف مثل كوكب أبداً. وبالمناسبة، لدينا الرأي نفسه في منافسي بلوتو الذين برزوا مؤخّراً، وهُم ثلاثة، أو أربعة أجرامٍ اكتُشفت خلف بلوتو، وتنافسه في الحجم والتصرّفات.

مضى الوقت وتطوّرت التكنولوجيا، وبالوصول إلى خمسينيّات القرن الماضي، كشف الرصد بأمواج الراديو والإمكانات الأفضل في التصوير الفوتوغرافيّ عن حقائق رائعة عن الكواكب، وبحلول الستينيّات، غادر الإنسان والروبوتات الأرض بهدف التقاط صورٍ للكواكب، ومع كلّ حقيقةٍ جديدةٍ، وصورةٍ جديدةٍ، ترتفع ستارة الجهل قليلاً إلى الأعلى.

تبيَّن أنّ كوكب الزهرة، المسمَّى على اسْم ربّة الجمال والحُبّ (Venus)، يتمتّع بغلافٍ جويٍّ سميكٍ ومعتمٍ تقريباً، يتكوّن في معظمه من ثاني أكسيد الكربون، ما يؤدّي إلى زيادة الضغط إلى نحو 100 ضعف الضغط عند مستوى سطح البحر على الأرض، والأسوأ من ذلك، أنّ درجة حرارة السطح تقترب من 900 درجة فهرنهايت (قرابة 482 درجة مئوية)[2]، وبذلك يمكنك على كوكب الزهرة أن تطهو بيتزا في 7 ثوان دون فرن، بل بوضعها فقط في الهواء (أجل، لقد أجريت الحسابات لذلك). تفرض هذه الظروف القاسية تحدّياتٍ كبيرةً للاستكشافات الفضائيّة؛ لأنّ أيّ شيءٍ يمكن أن تتخيّل إرساله إلى الزهرة، سيتحطّم، أو ينصهر، أو يتبخّر خلال لحظةٍ، أو اثنتين؛ لذا عليك أن تكون مقاوماً للحرارة، أو سريعاً للغاية، لتتمكّن من جمع البيانات من سطح هذا المكان المُقفر.

بالمناسبة، ليس من قبيل المصادفة أنْ يكون كوكب الزهرة حارّاً؛ إنّه يعاني ظاهرة جموح الاحتباس الحراريّ، التي يسبّبها ثاني أكسيد الكربون في غلافه الجويّ، والذي يحبس طاقة

(1) Rose Center for Earth and Space (م).

(2) يستعمل المؤلّف مقياس فهرنهايت في قياس درجات الحرارة، لذا ذُكِر المقابل على مقياس الدرجة المئويّة (المستعمل في المنطقة العربيّة) مقرّباً إلى أقرب عددٍ صحيحٍ للتبسيط. (م).

الأشعّة تحت الحمراء؛ لذا، وعلى الرغم من أنّ غيوم الكوكب تعكس معظم الضوء المرئيّ القادم من الشمس، فإنّ الصخور والتربة على الزهرة تمتصّ القليل الذي يشقّ طريقه إليها، وهذه التضاريس تعيد إشعاع الضوء المرئيّ كأشعّةٍ تحت حمراء، التي تتراكم في الهواء، مشكّلةً في النهاية فرناً رائعاً لطهو البيتزا.

بالمناسبة، لو وجدنا شكلاً من أشكال الحياة على كوكب الزهرة، كنّا سنسمّيهم الزهريّين Venutians، تماماً مثل سكّان المرّيخ المرّيخيّين، لكنْ وفقاً للّغة اللاتينيّة، يصبح الاسْم Venereal؛ أي: مرض تناسلي. لسوء الحظّ، استعمل الأطبّاء هذه الكلمة قبل علماء الفلك، ولا يمكننا لومهم كما أعتقد؛ إذْ سبقت الأمراض التناسليّة عِلمَ الفلك بمدّةٍ طويلةٍ، فعِلم الفلك هو ثاني أقدم مهنة في التاريخ.

يوماً بعد يومٍ، نصبح أكثر معرفةً بالنظام الشمسيّ. كانت أوّل مركبة فضاء تحلّق فوق المرّيخ هي مارينر4، في عام 1965، وأرسلت أولى الصور القريبة للكوكب الأحمر، وباستثناء تخيُّلات لويل، لم يكن أحدٌ يعرف قبل عام 1965 كيف يبدو سطح المرّيخ، بخلاف أنّه كان مُحمرّ اللّون، وبأنّ لديه قطبين متجمّدين، وأنّ على سطحه بقعاً أغمق، وأُخرى أفتح لوناً، ولم يعرف أحدٌ أنّ على سطحه جبالاً ووِدياناً أكبر بكثيرٍ وأعمق من وادي غراند كانيون في أريزونا، ولم يعرف أحدٌ عن براكينه التي تتجاوز بكثيرٍ حجم أكبر بركانٍ على وجه الأرض -ماونا كيا في هاواي- حتّى عندما نقيس ارتفاعه من قاع المحيط.

وليست بقليلةٍ الأدلةُ التي تشير إلى أنّ المياه السائلة تدفّقت ذات مرّةٍ على سطح المرّيخ؛ إذْ تظهر على سطح الكوكب قيعانُ أنهارٍ (جافّة) متعرّجة بطول نهر الأمازون وعرضه، وشبكاتُ روافدَ (جافّة)، ودلتا أنهارٍ (جافّة)، وسهولٌ فيضيّةٌ (جافّة)، كما أكّدت مستكشِفات المرّيخ المتجوّلة، التي تتقدّم ببطءٍ على السطح الممتلئ بالصخور والتربة، وجودَ معادن سطحيّة تتشكّل فقط بوجود الماء، أجل، هناك علاماتٌ على وجود الماء في كلّ مكانٍ، لكنْ لا توجد قطرةٌ واحدةٌ للشرب.

حدث شيءٌ سيّئٌ على كلٍّ من كوكبَيْ: المرّيخ، والزهرة. هل يمكن أن يحدث شيءٌ سيّئٌ للأرض أيضاً؟ يقوم جنسنا الآن بإطفاء أزرار البيئة واحداً تلو الآخر، من دون اعتبارٍ للعواقب طويلة الأجل، وهذه الآفاق الجديدة التي يفتحها العِلم أمامنا، فهل كان أحدٌ منّا ليطرح أسئلةً كهذه عن الأرض قبل أن ندرس المرّيخ والزهرة، أقرب جيراننا في الفضاء، لنرغم أنفسنا على أنْ نعيد النظر فيما نفعله بكوكبنا؟

لنحصل على رؤيةٍ أفضل للكواكب البعيدة علينا أن نصنع مسابيرَ فضائيّة. كانت أوّل مركبةٍ فضائيّةٍ تغادر النظام الشمسيّ هي بايونير10، التي أُطلقت عام 1972، وتوأمها بايونير11، التي أُطلقت عام 1973، وحلّقتا كلتاهما بالقرب من المشتري بعد عامين؛ حيث قامتا بجولةٍ كبيرةٍ على الطريق، وستتجاوزان قريباً مسافة 10 مليارات من الأميال عن الأرض؛ أي: أكثر من ضعف المسافة التي تفصلنا عن بلوتو.

عند إطلاقهما، لم تُزوَّد بايونير10 و11 بالطاقة الكافية لتجاوز كوكب المشتري. كيف يمكنك أن ترسل مركبةً فضائيّةً لمسافةٍ أبعد ممّا يمكن لمخزونها من الطاقة أن يوصلها؟ يجب أوّلاً: أن توجّهها، ثمّ تطلقها، ثم تدعها تسير في مسارها، لتقودها بعد ذلك تيّارات قوى الجاذبيّة التي تنشأ من كلّ شيءٍ في النظام الشمسيّ. ولأنّ علماء الفيزياء الفلكيّة يرسمون المسارات بدقّةٍ عاليةٍ، يمكن للمسبار أن يكتسب الطاقة من مناوراتٍ متعدّدةٍ على غرار المقلاع؛ حيث تكتسب المركبةُ الطاقةَ المداريّة من الكواكب التي تزورها. تمكّن علماء ديناميكا المدارات من جعل جاذبيّة الكواكب تساعد المركبات الفضائيّة على نحوٍ ناجحٍ جدّاً، لدرجةٍ تثير غيرة لاعبي البلياردو الأمهر.

أرسل كلٌّ من بايونير10 و11 صوراً للمشتري وزُحل أفضل من أيّة صورٍ كان من الممكن التقاطها من قبل من سطح الأرض على الإطلاق، لكنّ الفضل الأكبر يعود إلى المركبتين التوأمين: فوياجر1 و2، اللّتَيْن أُطلقتا عام 1977، والمُجهّزتين بعدّةٍ من الأدوات العلميّة والتصويريّة، واللّتَيْن قدّمتا صوراً تاريخيّةً مذهلةً للكواكب الخارجيّة في مجموعتنا الشمسيّة. أدخلت فوياجر1 و2 صور كواكب المجموعة الشمسيّة إلى بيوت سكّان الأرض جميعاً، وإحدى ثمار هاتين الرحلتين كانت الكشف عن اختلاف أقمار الكواكب الخارجيّة كما تختلف هذه الكواكب أحدها عن الآخر، ومدى روعة كلٍّ منها، مثل روعة هذه الكواكب نفسها، وهكذا طوّرت هذه المركبات الفضائيّة العابرة بين الكواكب رؤيتنا لها من نقاطٍ مضيئةٍ مملّةٍ إلى عوالمَ جديرةٍ بالاهتمام والولع.

في الوقت الذي أكتب فيه هذا الكتاب، تدور المركبة كاسيني حول زُحل[1]، في دراسةٍ

(1) اكتشفت كاسيني فجواتٍ إضافيّةً في حلقات زُحل، وعواصفَ وأنماطاً دوّامةً على سطح زُحل، واكتشفت 6 أقمارٍ جديدةً تابعةً لزُحل، ووجدت أدلّةً على تدفّق الميثان السائل على سطح تيتان، كما كشفت عن مئات البحيرات والبحار المملوءة بالهيدروكربونات (المركبات العضوية) والمنتشرة في تيتان، ووجدت دليلاً على وجود محيطٍ من المياه السائلة تحت سطح قمر زُحل الجليديّ (إنسيلادوس)، وأعلنت عن وجود أعمدةٍ (من الأملاح، والبخار، والجليد، والموادّ العضويّة) متصاعدةٍ من الشقوق الدّافئة نسبيّاً على السطح المتعرّج. حيث قطعت 4.9 مليار ميل منذ بداية مهمّتها، وأكملت 294 مداراً، والتقطت 453048 صورة. أنهت كاسيني مهمّتها بغوصٍ متعمّدٍ في الغلاف الجويّ لزُحل في أيلول عام 2017 كي تمنع تسرّب أيّة ملوّثاتٍ للمياه السائلة التي كانت قد اكتشفتها تحت سطح =

معمَّقةٍ للكوكب نفسه، بحلقاته المدهشة، وأقماره العديدة، وبوصولها إلى جوار زُحل بمساعَدة أربع مناوراتٍ مساعِدةٍ بالجاذبيّة، نجحت كاسيني في إطلاق مسبارٍ يُدعى هويغنز، الذي صُمِّم من قِبل وكالة الفضاء الأوروبيّة، وسُمِّي باسْم كريستيان هويغنز الفلكيّ الهولنديّ، الذي كان أوّل من حدّد حلقات زُحل، وهبط المسبار في الغلاف الجويّ لأكبر أقمار زُحل، تيتان: وهو القمر الوحيد في النظام الشمسيّ الذي يُعرف بامتلاكه غلافاً جويّاً سميكاً؛ ويمتلك تيتان سطحاً غنيّاً بالجزيئات العضويّة، التي ربّما تجعله الشبيه الأقرب للأرض في المراحل الأولى لتشكُّل جزيئاتها العضويّة. يجري الآن التخطيط لمهمّاتٍ جديدةٍ معقّدةٍ تابعةٍ لناسا؛ للقيام برحلةٍ مشابهةٍ إلى المشتري، لدراسته على نحوٍ موثوقٍ مع أقماره التي يزيد عددها عن السبعين.

في عام 1584، اقترح الراهب والفيلسوف الإيطاليّ جوردانو برونو، في كتابه «عن الأكوان والعوالم اللامتناهيّة»، وجود «شموسٍ لا تُعدّ ولا تُحصى»، و«كواكبَ مشابهةٍ للأرض لا حصْر لها، تدور حول هذه الشموس». وافترض إضافةً إلى ذلك -وانطلاقاً من الافتراض الأساسيّ بالخالق المجيد القدير- أنّ في كلٍّ من هذه الكواكب الأرضيّة سكّاناً يعيشون عليها، وبسبب هذه الهرطقة وما يلحقها من تجديفٍ، أحرقت الكنيسة الكاثوليكيّة برونو.

ومع ذلك، لم يكن برونو أوّل، أو آخر شخصٍ يطرح مثل هذه الأفكار؛ إذْ طرح من سبقوه نسخاً تتمحور حول هذه الأفكار بدءاً من القرن الخامس قبل الميلاد، من الفيلسوف اليونانيّ ديمقريطس، وصولاً إلى القرن الخامس عشر والكاردينال نيكولاس من كوسا، ومن خلفائه الفيلسوف إيمانويل كانت في القرن الثامن عشر، والروائيّ أونوريه دي بلزاك في القرن التاسع عشر، وكان برونو سيّئ الحظّ؛ لأنّه وُلد في وقتٍ كان يُعدم فيه من يتفوّه بمثل هذه الأفكار.

خلال القرن العشرين، افترض علماء الفلك أنّ الحياة يمكن أن توجد على كواكب أُخرى، كما هو الحال على الأرض، فقط إن كانت تلك الكواكب تدور حول شموسها ضمن «المنطقة الصالحة لنشوء الحياة»، أو كما تسمّى بشكلٍ شائعٍ المنطقة الصالحة للسكن: وهي مساحةٌ كبيرةٌ لا تكون قريبةً جدّاً من الشمس حتّى لا يتبخّر الماء، ولا بعيدةً جدّاً عنها كي لا يتجمّد، ولا شكّ في أنّ الحياة كما نعرفها تتطلّب ماء سائلاً، لكنّ الافتراض أيضاً يتضمّن حاجة الحياة إلى ضوء نجمٍ كمصدرٍ أساسيٍّ للطاقة.

ثمّ جاء اكتشاف أقمار المشتري: آيو، ويوروبا، اللّذَيْن من بين أجرامٍ أُخرى في النظام الشمسيّ، يستمدّان الحرارة من مصادر طاقةٍ أُخرى غير الشمس، ويُعد آيو من أكثر الأماكن

= إنسيلادوس، ولتمنع أيّ حادثٍ عرضيٍّ آخر يمكن أن يسبّب تلوّث أيٍّ من أقمار زُحل حيث قد توجد الحياة الأصليّة، أو قد تتطوّر في يومٍ من الأيّام. (م).

النشطة بركانياً في النظام الشمسيّ، حيث ينفث غازاتٍ كبريتيّةً في غلافه الجويّ، ويسكب الحِمَم البركانيّة في كلّ اتّجاهٍ، ومن المؤكّد تقريباً أنّ يوروبا يحوي محيطاً من المياه السائلة تحت قشرته الجليديّة، في الحالتين، فإنّ ضغط المدّ والجزْر بسبب جاذبيّة المشتري على القمرين الصلبين يضخّ الطاقة بداخلهما، ما يصهر الجليد، ويخلق بيئاتٍ ربّما تكون قادرةً على الحفاظ على الحياة على نحوٍ مستقلٍّ عن الطاقة الشمسيّة.

حتّى هنا على الأرض، هناك فئاتٌ مُكتشفةٌ حديثاً من الكائنات الحيّة، تسمّى الكائنات الدقيقة المحبّة للظروف القاسية «extremophiles»، تعيش وتزدهر في ظروفٍ بيئيّةٍ تُعدُّ خطِرةً على الإنسان. بالنسبة إلينا، يتضمّن مفهومنا «للمنطقة الصالحة للسكن» تحيّزاً أوّليّاً مفاده أنّ الحرارة المناسبة لنا هي درجة الحرارة المناسبة للحياة، لكنْ هناك بعض الكائنات الحيّة التي تعيش في ينابيع المياه الساخنة بدرجة حرارةٍ تصل إلى مئات الدرجات المئويّة، وتجد الحرارة المناسبة للإنسان بيئةً معاديةً لها تماماً، وبالنسبة إلى هذه الكائنات، نحن المتطرّفون محبّو الظروف القاسية. توجد العديد من الأماكن على الأرض، التي يُفترض أنّها بيئاتٌ معاديةٌ للحياة، إلّا أنّها تشكّل موطناً لهذه الكائنات الحيّة، منها: القاع السحيق لوادي الموت، وفوهات الينابيع الساخنة في قاع المحيط، ومواقع النفايات النوويّة، على سبيل المثال لا الحصر.

مسلّحين بمعرفة أنّ الحياة يمكن أن تظهر في أماكن أكثر تنوّعاً بكثيرٍ ممّا كنّا نتوقّع سابقاً، وسّع علماء الأحياء الفلكيّون مفهوم «المنطقة الصالحة للسكن» التي كانت محدودةً من قبل؛ فاليوم نعلم أنّ مثل هذه المنطقة يجب أن تشمل الظروف القاسية المكتشفة حديثاً، التي تستطيع الميكروبات تحمُّلها، إضافةً إلى مجموعة مصادر الطاقة التي يمكن أن تدعم الحياة، ومثلما كان يعتقد برونو والآخرون، فإنّ قائمة الكواكب التي تدور حول شموسٍ أُخرى ما تزال تكبر بأعدادٍ كبيرةٍ؛ إذْ تجاوز عددها المئة والخمسين كوكباً، وكلّها اُكتشفت في العقد الماضي، أو نحو ذلك.

مرّةً أُخرى نعيد إحياء فكرة أنّ الحياة قد توجد في أيّ مكانٍ، كما تخيّل أسلافنا من قبْل، لكنْ اليوم، يمكننا إعلان ذلك من دون التعرّض لخطر الإحراق، ومع المعرفة الحديثة بأنّ الحياة قادرةٌ على التغلّب على أقسى الظروف، وأنّ «المنطقة الصالحة للسكن» قد تكون كبيرةً كِبر الكون نفسه.

- 8 -

مشرّدو النظام الشمسي

لمئات السنين، كان نموذجنا للأجرام في سمائنا مستقرّاً تماماً، وهو الذي يتضمّن: الشمس، والنجوم، والكواكب، وحفنةً من الأقمار والمذنَّبات، حتّى إنّ إضافة كوكبٍ، أو اثنين إلى القائمة لم يكن ليغيِّر الترتيب الأساسيّ للنظام.

لكنْ في يوم رأس السنة عام 1801 نشأت فئةٌ جديدةٌ: الكويكبات، كما سمَّاها السير جون هيرشل عام 1802، وهو ابن السير ويليام هيرشل، مُكتشِف أورانوس، وخلال القرنين التاليين، أصبح السجلّ العائليّ للنظام الشمسيّ مكتظّاً بالبيانات، والصور، وتاريخ حياة الكويكبات؛ حيث حدّد علماء الفلك أعداداً كبيرةً من هؤلاء المشرّدين، وحدّدوا مناطقهم، وقيّموا مكوّناتهم، وقدَّروا أحجامهم، ورسموا أشكالهم، وقاموا بحساب مداراتهم، كما هبطت بعض المسابير الفضائيّة متحطِّمةً على سطحها. اِقترح بعض الباحثين أيضاً أنّ الكويكبات من عائلة المذنَّبات، وحتّى من عائلة أقمار الكواكب، وفي هذه اللّحظة، يضع بعض علماء الفيزياء الفلكيّة طرقاً لحَرْف مسار أيّ كويكبٍ كبيرٍ ربّما يقوم بزيارةٍ غير مرحَّبٍ بها إلى الأرض.

لفهْم الأجسام الصغيرة في نظامنا الشمسيّ، يجب أن ننظر أوّلاً إلى الأجسام الكبيرة، خاصّةً الكواكب؛ إذْ أُكتشفت حقيقةٌ مثيرةٌ للفضول حول الكواكب في قاعدةٍ رياضيّةٍ بسيطةٍ اقترحها في عام 1766 عالِم الفلك البيروسيّ يوهان دانيال تيتيوس، وبعد عدّة سنواتٍ، بدأ زميل تيتيوس، يوهان إليرت بودي -وبدون أن يذكر فضل تيتيوس في ذلك- بنشر القاعدة الرياضيّة، وحتّى يومنا هذا يُطلق في كثيرٍ من الأحيان على القاعدة اسم قانون تيتيوس-بودي، أو حتّى قانون بودي مع محْو مساهمة تيتيوس بالكامل. أعطى قانونهم السهلُ والذكيّ تقديراتٍ جيّدةً جدّاً

للمسافات بين الكواكب والشمس، على الأقلّ للكواكب المعروفة في ذلك الوقت: الكواكب الستّة من عطارد إلى زُحل، وفي عام 1781 ساعدت المعرفة المنتشرة لقانون تيتيوس-بودي في اكتشاف نبتون، الكوكب الثامن بُعداً عن الشمس. يا للروعة! إمّا أنّ القانون مجرّد مصادفة، وإمّا أنّه يجسّد بعض الحقائق الأساسيّة لتكوين النظم الشمسيّة.

مع ذلك، لم يكن مثاليّاً تماماً.

المشكلة الأولى: عليك أن تغشّ قليلاً للحصول على المسافة الصحيحة لعطارد، وذلك بإدخال (0) عندما تستدعي المعادلة إدخال (1.5).

المشكلة الثانية: تبيّن أنّ نبتون، الكوكب الثامن، أبعد ممّا تتنبّأ به المعادلة؛ حيث يدور تقريباً في المكان الذي يجب أن يوجد فيه الكوكب التاسع، أقرب، أو أبعد قليلاً.

المشكلة الثالثة: يقع بلوتو -الذي ما زال يصرّ بعضهم على تسميته الكوكب التاسع[1]- خارج النطاق الحسابيّ، صفة غريبة أخرى من صفات هذا الجرم.

يفترض القانون أيضاً وجود كوكبٍ يدور بين المرّيخ والمشتري على بُعد ما يقارب 2.8 وحدة فلكيّة[2] عن الشمس. شجّع اكتشاف أورانوس على مسافةٍ قريبةٍ من التي حدّدها قانون تيتيوس-بودي، على أنْ يبحث علماء الفلك في المنطقة الفاصلة بين المرّيخ والمشتري، وفي يوم رأس السنة عام 1801، اكتشف الفلكيّ الإيطاليّ جوزيبي بياتزي -مؤسّس مرصد باليرمو في إيطاليا- شيئاً ما هناك، الذي اختفى بعد ذلك خلف وهج الشمس، لكنْ بعد سنةٍ واحدةٍ تماماً، وبمساعدة الحسابات الرائعة لعالِم الرياضيّات الألمانيّ كارل فريدريش غاوس، رصد الجرم الجديد ثانيةً في جزءٍ مختلفٍ من السماء، وكان الجميع متحمّساً؛ كان انتصاراً للرياضيّات، وانتصاراً للتلسكوبات، وكانت النتيجة اكتشاف كوكبٍ جديدٍ أطلق عليه بياتزي اسْم «سيريس» (من محصول الحبوب Cereal)، نسبةً لربّة الزراعة الرومانيّة، وذلك تماشياً مع تقليد تسمية الكواكب بأسماء الآلهة الرومانيّة القديمة.

لكنْ عندما قام العلماء بأبحاثٍ أكثر دقّةً، وحسبوا مداره، وبُعده، وسطوعه، اكتشفوا أنّ «الكوكب» الجديد كان صغيراً، وخلال بضع سنواتٍ اكتُشِفت ثلاثة كواكب صغيرة: بالاس، وجونو، وفيستا، في المنطقة نفسها. استغرق الأمر بضعة عقودٍ، لكنّ مصطلح «الكويكبات» (كويكب

---

(1) في معرِضنا في مركز روز للأرض والفضاء في نيويورك، نفكّر في عَدّ بلوتو الجليديّ أحد «ملوك المذنّبات»، وهو لقبٌ إعلاميٌّ لا بدّ من أن يشعر الكوكب بالتقدير تجاهه أكثر من لقب «كوكب ضئيل». (المؤلّف).

(2) الوحدة الفلكيّة Astronomical Unit، واختصارها AU: هي متوسّط المسافة التي تفصل الأرض عن الشمس. (المؤلّف).

«Asteroid» يعني حرفياً «Starlike»؛ أي: نجميّ الشكل)، الخاصّ بهيرشل انتشر في النهاية؛ لأنّه بخلاف الكواكب التي تظهر على شكل أقراصٍ عند رصدها في التلسكوبات، ولا يمكن تمييز الكويكبات عن النجوم إلّا بحركتها، وأظهر المزيد من عمليّات الرصد وجود عددٍ كبيرٍ من الكويكبات، وفي نهاية القرن التاسع عشر، اكتُشِف 464 كويكباً داخل وحول المنطقة السماويّة التي تبعد 2.8 وحدة فلكيّة بين المرّيخ والمشتري، ونظراً إلى أنّ منطقة انتشارها كانت مسطّحةً نسبيّاً، ولم تنتشر حول الشمس في كلّ اتّجاهٍ كما ينتشر النحل حول القفير، أصبحت تُعرف باسْم حزام الكويكبات.

حتّى الآن، جرى تصنيف عشرات الآلاف من الكويكبات، ويُكتشف المئات منها كلّ عام، وحسب بعض التقديرات، هناك أكثر من مليون كويكب بعرض نصف ميل وأكثر، وكما نعرف جميعاً، على الرغم من الحياة الاجتماعيّة المعقّدة التي عاشتها الآلهة الرومانيّة، لم يكن لديهم 10,000 صديق، ولذا كان على الفلكيّين التخلّي عن مصدر الأسماء هذا، ويمكن الآن للكويكبات أن تُسمَّى بأسماء الممثّلين، والرسّامين، والفلاسفة، والكتّاب المسرحيّين؛ وبأسماء المدن، والبلدان، والديناصورات، والأزهار، والفصول الطبيعيّة، والأسماء المتنوّعة كلّها، حتّى إنّ بعض الكويكبات حملت أسماء أشخاصٍ عاديّين، مثل: هارييت، وجو-آن، ورالف: كويكب هارييت 1744، وجو-آن 2316، ورالف 5051؛ إذْ يشير الرقم إلى تسلسل مدار كلّ كويكبٍ عندما حُدّد جيّداً، وقام ديفيد إتش ليفي -وهو فلكيٌّ هاوٍ من كندا، كما أنّه مموّلٌ مشهورٌ لصيّادي المذنّبات، ومكتشِف العديد من الكويكبات أيضاً- بتصرّفٍ لطيفٍ؛ إذْ سمّى كويكباً باسْمي، تايسون 13123، وقام بذلك بعد مدّةٍ وجيزةٍ من افتتاح مركز روز للأرض والفضاء الذي كلّف 240 مليون دولار، والذي بُني خاصّةً ليعرض الكون على الأرض من خلال مجسّماته، فتأثّرتُ كثيراً بلفتة ديفيد، وسرعان ما عرفتُ من خلال بيانات مدار 13123 تايسون أنّ مداره كمعظم الكويكبات الأُخرى الموجودة في حزام الكويكبات الرئيس، ولا يتقاطع مع مدار الأرض، وبذلك لا يشكّل خطراً على الحياة على كوكب الأرض؛ من الجيّد التحقّق من معلوماتٍ كهذه.

من بين الكويكبات وحْده سيريس كرويّ الشكل؛ وهو أكبر الكويكبات بقطرٍ يبلغ 580 ميلاً، بينما تظهر الكويكبات الأُخرى أصغر بكثيرٍ، وبشكل شظايا صخريّةٍ مثل العظام المتطاولة، أو حبّات البطاطا، ومن المثير للفضول أنّ كتلة كويكب سيريس وحْدها تمثّل قرابة ربع إجماليّ كتلة الكويكبات كلّها، وبإضافة كتل الكويكبات الكبيرة جميعها بما يكفي لرؤيتها، وكتل الكويكبات الأصغر جميعها، التي يمكن استقراء وجودها من البيانات، فلن نحصل على أيّة قيمةٍ تقترب من

كتلة كوكبٍ، بلْ سنحصل على ما يقارب 5% من كتلة قمر الأرض؛ لذا فإنّ تنبّؤ قانون تيتيوس-بودي بوجود كوكبٍ يختبئ عند مسافة 2.8 وحدة فلكيّة، كان مبالغاً فيه بعض الشيء.

معظم الكويكبات مكوّنة بالكامل من الصخور، إلّا أنّ بعضها مكوَّنٌ بالكامل من المعدن، وبعضها الآخر مزيجٌ من الاثنين؛ ومعظمها تستوطن ما يُسمَّى الحزام الرئيس، وهي منطقةٌ بين المرّيخ والمشتري، وتوصف الكويكبات عادةً بأنّها موادُّ متبقّيةٌ من المرحلة المبكّرة لنشوء النظام الشمسيّ، وهي موادُّ لم تندمج على الإطلاق ضمن تكوين أيّ كوكب، لكنّ هذا التفسير غير مكتملٍ في أحسن الأحوال، ولا يفسّر حقيقة تكوين بعض الكويكبات من المعدن على نحوٍ كامل، ولفهْم هذا الموضوع، ينبغي للمرء أوّلاً: أن يفهم كيف تكوَّنت الأجسام الأكبر في النظام الشمسيّ.

تكوّنت الكواكب من اندماج سحابةٍ من الغاز والغبار غنيّةٍ ببقايا النجوم المتفجّرة الغنيّة بالعناصر، وتشكِّل السحابة المنهارة كوكباً أوّليّاً، وهو كتلةٌ مستديرةٌ لزجةٌ وصلبةٌ تزداد حرارتها مع تراكم المادّة فيها أكثر فأكثر. يحدث أمران مع الكواكب الأوّليّة الكبيرة: الأوّل: تميل الكتلة المستديرة لتأخذ شكل الكُرة، والأمر الثاني: تبقي الحرارة الداخليّة الكوكب الأوّليّ منصهراً بما يكفي من الوقت لتغرق العناصر الثقيلة (الحديد في المقام الأوّل، مع بعض النيكل وكميّةٍ ضئيلةٍ من المعادن، مثل: الكوبالت، والذهب، واليورانيوم، المختلطة مع بعضها) في مركز الكتلة التي تكبر، وفي الوقت نفسه، تطفو العناصر الخفيفة الأكثر شيوعاً: (الهيدروجين، والكربون، والأكسجين، والسيليكون)، وتصعد نحو السطح؛ يطلق علماء الجيولوجيا على هذه العمليّة اسم «التمايز»، وبذلك فإنّ لبَّ كوكبٍ متمايزٍ مثل: الأرض، والمرّيخ، والزهرة، هو معدنيٌّ، ووشاحه وقشرته صخريّان في الغالب، ويحتلّ الوشاح والقشرة حجماً أكبر بكثيرٍ من حجم اللُّبّ.

في حال دُمِّر الكوكب بعد أن يبرد، مثلاً: بسبب ارتطامه بأحد زملائه من الكواكب؛ فإنّ شظايا كلٍّ منهما ستستمرّ في الدوران حول الشمس في المسارات نفسها تقريباً، التي كانت تدور بها الكواكب الأصليّة السليمة، وتكون معظم هذه الشظايا صخريّةً؛ لأنّها تأتي من الطبقات الصخريّة السميكة الخارجيّة للكوكبين المتمايزين، وجزءٌ صغيرٌ منها يكون معدناً صافياً. في الواقع، هذا ما نلْحظه مع الكويكبات الحقيقيّة، إضافةً إلى ذلك، لا يمكن تكوين قطعةٍ كبيرةٍ من الحديد في الفضاء بين النجوم؛ لأنّ ذرّات الحديد الفرديّة ستتبعثر في أنحاء السُّحُب الغازيّة جميعها، التي شكّلت الكواكب، وسُحب الغاز في معظمها عبارة عن هيدروجين وهيليوم؛ حيث إنّ تجمُّع ذرّات الحديد يتطلّب أوّلاً: أن يتمايز جسمٌ مائعٌ كما ذكرنا.

لكنْ كيف يعرف علماء فلك النظام الشمسيّ أنّ معظم الكويكبات الموجودة في الحزام الرئيس صخريّة؟ أو كيف يعرفون أيّ شيءٍ على الإطلاق عنها؟ المؤشّر الرئيس لذلك هو قدرة الكويكب على عكس الضوء، ويُدعى معدّل الوضاءة «albedo». لا ينبعث الضوء من الكويكبات؛ فهي تمتصّ أشعّة الشمس وتعكسها فقط، مثلاً: هل يعكس كويكب هاريت 1744 الأشعّة تحت الحمراء أم يمتصّها؟ ماذا عن الضوء المرئيّ؟ أو الأشعّة فوق البنفسجيّة؟ تختلف الموادّ بطريقة امتصاصها وعكسها لحُزَم الضوء المختلفة، فإن كنت معتاداً على التعامل مع طيف أشعّة الشمس (كما هو حال علماء الفيزياء الفلكيّة)، وإذا لَحظت بعنايةٍ ودقّةٍ أطياف أشعّة الشمس المنعكسة من كويكبٍ محدّدٍ (كما يفعل علماء الفيزياء الفلكيّة)، فيمكنك معرفة كيف تغيّر ضوء الشمس الأصليّ، وبذلك معرفة الموادّ التي تشكّل سطح الكويكب، وبمعرفة الموادّ يمكنك معرفة مقدار الضوء المنعكس، وبإضافة تلك المعرفة إلى معرفة بُعده، يمكنك تقدير حجم الكويكب، وفي النهاية أنت تحاول أن تفسّر مقدار سطوع الكويكب في السماء، إمّا أنّه باهتٌ وكبيرٌ، وإمّا عاكسٌ قويٌّ وصغيرٌ، أو شيء ما بينهما، وبدون معرفة تكوينه لا يمكنك معرفة الإجابة بمجرّد النظر إلى مدى سطوعه.

أدّت طريقة التحليل الطيفيّ هذه في البداية إلى مخطّط تصنيفٍ ثلاثيٍّ بسيط: كويكبات غنيّة بالكربون (النوع C)، والكويكبات الغنيّة بالسيليكات (النوع S)، والكويكبات الغنيّة بالمعدن (النوع M)، لكنّ القياسات عالية الدقّة أنتجت مجموعةً كبيرةً من التصنيفات بالحروف الأبجديّة وصلت إلى اثنتي عشرة فئةً، يحدّد كلٌّ منها فارقاً مهمّاً في تكوين الكويكب، وتمثّل مصادر متعدّدةً شاركت في تكوينه عوضاً عن كوكبٍ واحدٍ تحطّم إلى أجزاءٍ صغيرة.

إذا كنت تعرف تكوين الكويكب، فمن المرجّح أنّ بإمكانك معرفة كثافته، ومن المثير للفضول أنّ بعض قياسات أحجام الكويكبات وكتلتها تدلّ على كثافاتٍ أقلّ من كثافة الصخور، وأحد التفسيرات المنطقيّة أنّ تلك الكويكبات ليست مُصمتة. ما الذي يمكن أن تحتويه؟ ربّما ثلج؟ أمرٌ مُستبعد. يتوضّع حزام الكويكبات بالقرب من الشمس بدرجةٍ تكفي ليتبخّر أيّ نوعٍ من أنواع الجليد: (الماء، أو الأمونيا، أو ثاني أكسيد الكربون)، التي تقلّ كثافتها عن كثافة الصخور، منذ زمنٍ طويلٍ بسبب حرارة الشمس، وربّما كان ذلك الخليط كلّه فراغاً تتحرّك الصخور والحطام فيه بانتظام.

ظهر أوّل رصدٍ داعمٍ لهذه الفرضيّة في صور الكويكب آيدا الذي يبلغ طوله 35 ميلاً، والذي صوّره المسبار الفضائيّ غاليليو عندما مرّ بقربه في 28 آب 1993، وبعد قرابة نصف سنة رُصدت بقعةٌ تبعد قرابة 60 ميلاً عن مركز آيدا، التي ثبت أنّها قمرٌ يشبه الحصى في شكله! كان هذا أوّل

تابعٍ يُرصد، وهو يدور حول كويكبٍ، وسُمِّي داكتيل، لكنْ هل التوابع نادرة؟ إنْ كان الكويكب يملك تابعاً يدور حوله، هل يمكن أن يكون له اثنان، أو عشرة، أو مئة؟ بعبارةٍ أُخرى: هل يمكن أن يتّضح أنّ بعض الكويكبات ليست كتلةً واحدةً، بل هي أكوامٌ من الصخور؟

الجواب المدوّي هو: نعم، وربّما يقول بعض علماء الفيزياء الفلكيّة: إنّ «أكوام الأنقاض» هذه شائعةٌ في الفضاء على الأرجح، وكويكب سايكي من أكثر الأمثلة المتطرّفة على ذلك؛ حيث يبلغ قطره الإجماليّ قرابة 150 ميلاً، ومعدّل سطوعه يشير إلى أنّ سطحه معدنيّ، من تقديرات كثافته الإجماليّة، ربّما يكون أكثر من 70% من داخله فارغاً.

عندما تدرس الأجرام التي توجد خارج حزام الكويكبات الرئيس، سرعان ما ستصطدم مع بقيّة المشرّدين في النظام الشمسيّ: الكويكبات القاتلة التي تتقاطع مداراتها مع مدار الأرض، والمذنّبات والأقمار الكوكبيّة التي لا تُعدّ ولا تُحصى. المذنّبات هي كرات الثلج في الكون، وعادةً لا يزيد قطر الواحد منها عن ميلين، وتتكوّن من مزيجٍ من الغازات المتجمّدة، والمياه المتجمّدة، والغبار، والجسيمات المتنوّعة. في الواقع، ربّما تكون ببساطة كويكباتٍ ترتدي عباءةً من الثلج الذي لم يتبخّر بالكامل. إنّ مسألة ما إذا كانت شظيّة معيّنة كويكباً أم مذنّباً تتلخّص في المكان الذي نشأت فيه، والمكان الذي كانت فيه، فقبل أنْ ينشر نيوتن كتاب «المبادئ» الذي شرح فيه عن المبادئ الرياضيّة للفلسفة الطبيعيّة عام 1687، وقدّم فيه قوانين الجاذبيّة العالميّة، لم يكن لدى أيّ أحدٍ فكرة عن أنّ المذنّبات عاشت وسافرت بين الكواكب، وقامت بجولاتها داخل النظام الشمسيّ وخارجه في مداراتٍ ممتدّةٍ للغاية، وتبقى الشظايا التي تشكّلت في المناطق البعيدة عن النظام الشمسيّ، سواء في حزام كايبر أم أبعد، مغطّاةً بالجليد، وإذا وجدت طريقاً مميّزاً في مسارٍ ممتدٍّ نحو الشمس، ستظهر أثراً متخلخِلاً، لكنّه مرئيٌّ بوضوحٍ من بخار الماء والغازات المتطايرة التي تتأرجح داخل مدار المشتري، في نهاية المطاف، بعد عددٍ كافٍ من الزيارات إلى المنطقة الداخليّة من النظام الشمسي (ربّما تكون مئات، أو حتّى آلاف الزيارات) تفقد هذه المذنّبات الجليد كلّه الذي تحمله، لينتهي بها الأمر كصخورٍ عاريةٍ، وبالفعل، فإنّ بعض الكويكبات، إن لم يكن كلّها، التي تتقاطع مداراتها مع مدار الأرض ربّما تكون مذنّبات «مستهلَكة»، بقي لبُّها الصلب يطارد كوكبنا.

ثمّ هناك النيازك؛ الشظايا الكونيّة الطائرة التي تهبط على الأرض، في الواقع، إنّ معظم النيازك، مثل: الكويكبات، مصنوعة من الصخور، وأحياناً تشير المعادن الموجودة فيها إلى أنّ حزام الكويكبات هو موطنها الأصليّ، وبالنسبة إلى علماء جيولوجيا الكواكب الذين درسوا العدد

المستمرّ بالازدياد من الكويكبات المعروفة، أصبح من الواضح أنّ حزام الكويكبات الرئيس ليس منبعها كلّها.

كما تحبّ هوليوود أن تذكّرنا، ربّما يصطدم كويكبٌ، أو مذنّبٌ بالأرض يوماً ما، لكنّ هذا الاحتمال لم يُعترف به كاحتمالٍ حقيقيٍّ حتّى عام 1963، عندما أثبت الفلكيّ يوجين م. شوميكر بالدليل القاطع أنّ فوهة بارنجر الشاسعة بالقرب من وينسلو في أريزونا، التي يُقدَّر عمرها بـ 50,000 سنة، لا يمكن أن تنتج إلّا بفعل نيزك، وليس بفعلٍ بركانيٍّ، أو أيّ قوى جيولوجيّة أرضيّة أخرى.

كما سنرى في القسم 6، أثار اكتشاف مذنّب شوميكر موجةً جديدةً من التساؤل حول تقاطع مدار الأرض مع مدار الكويكبات. في تسعينيّات القرن الماضي، بدأت وكالات الفضاء بتعقّب الأجرام القريبة من الأرض؛ أي: الكويكبات والمذنّبات، التي كما تقول وكالة ناسا بتهذيب: «تسمح مداراتها باقترابها من الأرض».

يلعب كوكب المشتري دوراً كبيراً في حياة الكويكبات البعيدة؛ فقد أدّت عمليّة توازن القوى الثقاليّة بين المشتري والشمس إلى تجمُّع عائلاتٍ من الكويكبات التي تسبق المشتري بـ 60 درجة في مداره حول الشمس، و60 درجة خلفه، التي يصنع كلّ منها مثلّثاً متساوي الأضلاع مع كوكب المشتري والشمس. إذا حسبت بطريقةٍ هندسيّةٍ، فإنّ ذلك يضع الكويكبات على بُعد 5.2 وحدة فلكيّة عن كلٍّ من المشتري والشمس، وتُعرف هذه الأجسام العالقة في مكانها باسْم كويكبات طروادة، وتشغل رسميّاً ما يُسمّى نقاط لاغرانج في الفضاء، وكما سنرى في الفصل التالي، تعمل هذه المناطق مثل الشعاع الجرّار[1]؛ حيث تمسك بسرعةٍ بالكويكبات التي تنجرف في طريقها.

يقوم كوكب المشتري أيضاً بحرْف مسار الكثير من المذنّبات التي تتّجه نحو الأرض، وتعيش معظم المذنّبات في حزام كايبر، الذي يبدأ من مدار بلوتو إلى أبعد من ذلك، ولكن أيّ مذنّبٍ يجرؤ على العبور قريباً من المشتري سينحرف نحو مسارٍ جديد، ولو لم يكن كوكب المشتري حارساً لنا، لكانت الأرض قُصفت بالمذنّبات أكثر بكثير ممّا يحدث. في الواقع، يُعتقد بقوّةٍ أنّ

(1) الشعاع الجرّار (tractor beam): هو فكرةٌ ظهرت أوّلًا في الخيال العلميّ، حيث يطلق جهازٌ شعاعاً بإمكانه جذب الأجسام وتحريكها، أو حتّى تجميدها في مكانها، ومنذ التسعينيّات عمل العلماء على تحقيق هذه الفكرة، حيث توصّلوا إلى إبقاء أجسامٍ (بأبعادٍ صغيرةٍ لا تزيد عن أبعاد الأطوال الموجيّة المستخدَمة) طافيةً في الهواء، باستخدام الطفو الصوتيّ، أو المغناطيسيّ. (م).

سحابة أورت تتكوّن من مذنّبات حزام كويبر التي قذفها المشتري هنا وهناك. وهي تضم عدداً كبيراً من المذنّبات في المنطقة الخارجية البعيدة من النظام الشمسي، وسُمِّيت باسم عالم الفلك الدنماركي جان أورت الذي كان أول من افترض وجودها. وفي الواقع، تمتدّ مدارات مذنّبات سحابة أورت مسافةً تصل إلى نصف الطريق إلى أقرب النجوم إلينا.

ماذا عن أقمار الكواكب؟ يشبه بعضها الكويكبات، مثل قمرَي المرّيخ: فوبوس، وديموس، الصغيرين والباهتين واللّذَيْن يشبهان حبّتي البطاطا، لكنْ للمشتري عدّة أقمارٍ جليديّة. هل يجب تصنيفها على أنّها مذنّبات؟ وأحد أقمار بلوتو، شارون، ليس أصغر بكثيرٍ من بلوتو نفسه، وكلاهما جليديٌّ أيضاً؛ لذلك ربّما ينبغي عدّ بلوتو مع قمره شارون مذنّباً مزدوجاً؛ أنا متأكّدٌ من أنّ بلوتو لن يمانع هذا اللّقب أيضاً.

استكشفت مركبات الفضاء دزينةً، أو أكثر من المذنّبات والكويكبات، وأوّل من فعل ذلك كان المركبة الأمريكيّة نير شوميكر NEAR Shoemaker، (اختصار ذكي لـ «Near Earth Asteroid Rendezvous»؛ أي: الالتقاء بكويكب قريب من الأرض»). التي كانت بحجم سيّارة، والتي زارت الكويكب القريب إيروس (إله الحب)، وليست مصادفةً أنْ قامت بذلك قبل يوم عيد الحُبّ عام 2001، وهبطت المركبة بسرعة 4 أميال في الساعة فقط، وبقيت المعدّات سليمةً، كما استمرّت على نحوٍ غير متوقّعٍ بإرسال البيانات لمدّة أسبوعين بعد هبوطها، ما مكّن علماء جيولوجيا الكواكب من الإعلان بثقةٍ تقريباً عن أنّ كويكب إيروس الذي يبلغ عرضه 21 ميلاً، هو جسمٌ غير متمايزٍ متبلور، وليس كومة أنقاض.

تشمل المهامّ الطموحة التالية مهمّة ستاردست، التي حلّقت عبْر ذؤابة المذنّب، أو سحابة الغبار التي تحيط بنواة المذنّب، لتتمكّن من التقاط سرْبٍ من الجُسيمات الدقيقة في شبكتها الجامعة المكوّنة من الهلام الهوائي. وكان الهدف من هذه المهمّة بكلّ بساطةٍ هو معرفة أنواع غبار الفضاء الموجودة، وجمع الجُسيمات دون الإضرار بها، ولتحقيق هذا، استعمل العلماء في وكالة ناسا مادّةً غريبةً ورائعةً تُدعى «الهلام الهوائي»، وهي أقرب شيءٍ إلى الأشباح؛ فهي عبارة عن مادّةٍ جافّةٍ تشبه الإسفنج، مكوّنةٍ من السيليكون، وتتكوّن من الهواء بنسبة 99.8%، وعندما يصطدم بها الجُسيم المتحرك بسرعاتٍ تفوق سرعة الصوت، فإنّ الجُسيم سيتباطأ ويتوقّف في النهاية؛ أمّا إذا حاولت إيقاف حُبيبة الغبار نفسها، باستعمال قفّازٍ، أو باستعمال أيّ شيءٍ آخر، فإنّ الجُزيء عالي السرعة سيصطدم بالسطح، وسيتبخّر حين يتوقّف على نحوٍ مفاجئ!

تقوم وكالة الفضاء الأوروبيّة أيضاً باستكشاف المذنّبات والكويكبات، وستستكشف المركبة

الفضائيّة روزيتا[1]، في مهمّةٍ مدّتها 12 عاماً، مذنّباً واحداً لمدّة عامين، وستجمع المزيد من المعلومات من مسافةٍ أقرب من أيّ وقتٍ مضى، وستنتقل بعد ذلك لدراسة اثنين من الكويكبات في الحزام الرئيس.

تسعى هذه اللقاءات كلّها مع مشرّدي النظام الشمسيّ إلى جمع أكثر المعلومات دقّةً، التي يمكن لها أن تخبرنا عن تكوُّن وتطوّر النظام الشمسيّ، وعن أنواع الأجرام الموجودة فيه، وعن إمكانيّة انتقال الجُزيئات العضويّة إلى الأرض من خلال اصطدام جرمٍ ما بها، أو عن حجم، وشكل، وصلابة الأجرام القريبة من الأرض، وكما هو الحال دائماً، لا يأتي الفهم العميق من الوصف الجيّد للجرم، بل من كيفيّة ارتباط الجرم بالمعرفة المكتسبة المتنامية وحدودها المتوسّعة، وبالنسبة إلى النظام الشمسيّ، تتمثّل هذه الحدود بالبحث عن أنظمةٍ شمسيّةٍ أُخرى، فما يريد العلماء القيام به بعد ذلك هو إجراء مقارنةٍ شاملةٍ مع ما تبدو عليه كواكب النُّظم الشمسيّة الأُخرى ومشرّدوها، وبهذه الطريقة فقط سنعرف ما إذا كان نظامنا الشمسيّ طبيعيّاً أم إنّنا نعيش في عائلةٍ شمسيّةٍ مختلّة.

---

(1) انتهت مهمّة روزيتا في أيلول 2016 باصطدامها بسطح المذنّب تشوريوموف جيراسيمنكو، بعد أن درست بخار الماء الناتج من مذنّب 67p. وقامت بدورةٍ قرب مذنّب لوتيشا، وأرسلت صوراً للمذنّب تشوريوموف جيراسيمنكو التقطها مسبار فيلي، لتنهي مهمّتها نتيجة نفاد الطاقة الشمسيّة من روزيتا مع ابتعاد المذنّب عن الشمس كلّ يوم. (م).

- 9 -

نقاط لاغرانج الخمس

كانت مركبة أبولو8 أوّل مركبةٍ فضائيّةٍ مأهولةٍ على الإطلاق تغادر مدار الأرض، ويظلّ هذا أحد أهمّ الإنجازات غير المسبوقة في القرن العشرين، وعندما حانت اللّحظة، أطلق روّاد الفضاء المرحلة الثالثة الأخيرة من الصاروخ العظيم ساتورن5، الذي منح دفعاً متسارعاً لوحدة القيادة التي تضمّ روّاد الفضاء الثلاثة داخلها بسرعةٍ وصلت تقريباً إلى 7 أميالٍ في الثانية، واستُهلك نصف الطّاقة اللّازمة للوصول إلى القمر لمجرّد الوصول إلى مدار الأرض.

بعد المرحلة الثالثة، لم تعد المحرّكات ضروريّةً، باستثناء أيّ ضبطٍ قد يتطلّبه المسار لضمان وصول روّاد الفضاء إلى وجهتهم. بالنسبة إلى 90% من الرحلة التي تقارب ربع مليون ميل، تباطأت وحدة القيادة مع استمرار جاذبيّة الأرض بالسُّحب، ولكنْ على نحوٍ أضعف في الاتّجاه المعاكس، وفي الوقت نفسه، مع اقتراب روّاد الفضاء من القمر، كانت تزداد قوّة جاذبيّته، ونستنتج من ذلك، أنّه يجب أن توجد بقعةٌ في المسار تتوازن فيها قوى الجاذبيّة المُتضادّة للقمر وللأرض بدقّة، وعندما تجاوزت وحدة القيادة تلك البقعة في الفضاء، تزايدت سرعتها مجدّداً باتّجاه القمر.

إذا كانت الجاذبيّة هي القوّة الوحيدة التي يجب احتسابها، ستكون تلك البقعة هي المكان الوحيد في نظام (الأرض- القمر) الذي تلغي فيه قوى الجاذبيّة المتعارضة بعضها، لكنّ الأرض والقمر يدوران أيضاً حول مركز جاذبيّةٍ مشترك، الذي يقع تحت سطح الأرض بنحو ألف ميل، على طول خطٍّ وهميٍّ يصل بين مركزي الأرض والقمر، وعندما تتحرك الأجسام في دوائر، ومهما اختلف حجم هذه الدوائر، أو سرعة الدوران، فإنّهم يخلقون قوّةً جديدةً تدفع كلّ شيءٍ إلى الخارج بعيداً عن مركز الدوران، وتُعرف بقوّة الطرد المركزيّ، أو القوّة النابذة، ويمكنك أن تشعر

بتأثير القوّة النابذة على جسمك عندما تقوم بانعطافٍ حادٍّ في سيّارتك، أو عند تجربتك أحد ألعاب الملاهي التي تدور في دوائر، أحد الأمثلة المعروفة عن هذه الألعاب التي تسبّب الغثيان، اللّعبة ذات الطبق الدائريّ الكبير، التي تقف فيها وظهرك يقابل الجدار المحيطيّ للطبق، وعندما تدور اللّعبة وتتسارع أكثر فأكثر، تشعر بأنّ جسمك يلتصق بالحائط أكثر فأكثر، وعندما تصل إلى السرعة القصوى، فإنّك بالكاد تستطيع تحريك جسمك، عندها يقومون بإزالة الجزء الأرضيّ تحت قدميك، ثمّ تغيّر اللّعبة من اتّجاه الدوران، وتحرف الطبق جانباً، وأحياناً تقلبه رأساً على عقب. عندما كنتُ صغيراً، وركبتُ في إحدى هذه الألعاب، كانت القوّة النابذة كبيرةً لدرجة أنّي التصقتُ بالجدار، ولم أقوَ حتّى على تحريك أصابعي.

إذا شعرت بالغثيان في أثناء ركوبك في هذه اللّعبة، وأدرت وجهك لتتقيّأ، فإنّ القيء سيطير باتّجاهٍ مستقيمٍ مماسّ، أو ربّما يعلق على الجدار بجانبك، والأسوأ من ذلك، إنْ لم تُدِر وجهك فربّما لن يتمكّن القيء من الخروج من فمك بسبب القوة النابذة الكبيرة التي تعمل بالاتّجاه المعاكس (لم أعد أرى هذه اللّعبة مؤخّراً، أتساءل ما إذا كانت قد مُنعت).

تظهر القوى النابذة كنتيجةٍ بسيطةٍ لميل الجسم إلى الحركة بخطٍّ مستقيمٍ بعد وضعه في حالة حركة، وبذلك فهي قوى غير حقيقيّة أبداً، لكنْ بإمكانك حسابها على الرغم من ذلك، وعندما تحسبها، كما فعل عالِم الرياضيّات اللّامع في القرن الثامن عشر جوزيف لويس لاغرانج (1736- 1813)، ستكتشف بقعاً في نظام (الأرض-القمر) الذي يدور، حيث تتوازن فيها جاذبيّة الأرض، وجاذبيّة القمر، والقوّة النابذة للنظام الذي يدور؛ تُعرف هذه المواقع المميّزة بنقاط لاغرانج، وهناك خمسٌ منها.

تقع نقطة لاغرانج الأولى (وتُدعى بكلّ مودّة L1) بين الأرض والقمر، أقرب قليلاً إلى الأرض من نقطة التوازن الصافي للجاذبيّة، ويمكن لأيّ جسمٍ يوضع في هذه النقطة أن يدور حول مركز ثقل نظام (الأرض-القمر) بالمدّة الزمنية الشهريّة نفسها لدورة القمر، وسيبدو عالقاً ثابتاً في مكانٍ على طول خطّ الأرض-القمر. وعلى الرغم من أنّ القوى جميعها تلغي بعضها هناك، فإنّ نقطة لاغرانج الأولى هي نقطة توازنٍ غير مستقرّ، إذا انجرف الجسم جانباً في أيّ اتّجاهٍ، فإنّ التأثير المشترك للقوى الثلاث سيعيده إلى وضعه السابق، لكنْ إذا انجرف الجسم مباشرةً باتّجاه الأرض، أو بعكس اتّجاهها، حتّى لو كان انجرافاً طفيفاً، فسوف يسقط بلا رجعة إمّا باتّجاه الأرض، وإمّا باتّجاه القمر، مثل قطعة رخامٍ متوازنةٍ بالكاد على قمّة تلّةٍ حادّةٍ؛ حيث تكون على بُعد شعرةٍ من السقوط إلى جهةٍ، أو إلى الأخرى.

تقع نقطتا لاغرانج: الثانية، والثالثة (L2 وL3) أيضاً على خطّ الأرض-القمر، لكنْ تقع L2

بعيداً على الجانب البعيد من القمر، بينما تقع L3 بعيداً عن الأرض في الاتّجاه المعاكس. مجدّداً، تلغي القوى الثلاث بعضها: جاذبيّة الأرض، وجاذبيّة القمر، والقوّة النابذة للنظام الذي يدور، ومجدّداً أيضاً، يمكن للجسم الموضوع في أيٍّ من البقعتين أن يدور حول مركز جاذبيّة (الأرض-القمر) بالمدّة الزمنيّة الشهريّة نفسها للقمر.

تكون ذرى قوى الجذب المُمثَّلة في L2 وL3 أوسع من تلك التي تمثّلها L1؛ لذا في حال وجدت نفسك تنجرف نحو الأرض، أو القمر، تكفي دفعةٌ صغيرةٌ من الوقود لتعود إلى مكانك.

في حين تحتل L1، وL2، وL3 أماكن مناسبة في الفضاء، يجب أن تفوز نقطتا لاغرانج: L4، وL5 بجائزة الموقع الأفضل؛ إذْ تقع إحداهما بعيداً إلى يسار الخطّ الوهميّ الذي يصل مركزيّ الأرض والقمر، بينما تقع الأُخرى بعيداً إلى يمينه؛ حيث تمثّل كلٌّ منهما رأس مثلّثٍ متساوي الأضلاع مع الأرض والقمر.

وكما في النقاط الثلاث السابقة، تتوازن القوى كلّها في نقطتي لاغرانج: الرابعة، والخامسة، لكنْ بخلاف النقاط السابقة، التي تتمتّع بتوازنٍ غير مستقرٍّ، فإنّ التوازن في L4 وL5 هو توازنٌ مستقرٌّ، ولا يهمّ الاتّجاه الذي تميل إليه، ولا يهمّ الاتّجاه الذي تنجرف إليه، ستمنعك القوى من المضيّ بعيداً، كما لو كنت في قاع وادٍ مُحاطٍ بالجبال.

في نقاط لاغرانج كلّها، إنْ لم يكن الجسم موضوعاً تماماً حيث تلغي القوى كلّها بعضها، سيتذبذب موقعه حول نقطة التوازن في مساراتٍ تُدعى مَيَسان (لا تخلط هذه التسمية مع الأماكن الموجودة على الأرض حيث يتذبذب عقل الشخص من الخمر)، وتكافئ نقاط المَيَسان هذه الاهتزاز إلى الأمام والخلف الذي يحدث لكرةٍ بعد أن تتدحرج إلى أسفل تلّةٍ، وتصل إلى القاع؛ حيث تستمرّ بالتحرّك جيئةً وذهاباً حتّى تستقرّ.

الأمر أكثر من مجرّد خصائصَ مداريّةٍ مثيرةٍ للفضول، فالنقطتان: L4، وL5 تمثّلان أمكنةً مميّزةً؛ حيث يمكن إنشاء وبناء مستعمراتٍ فضائيّة، وما تحتاج إليه كلّه هو شحن الموادّ الخام إلى المنطقة (ليس بالضرورة أن تكون الموادّ من الأرض، بل يمكن أن تكون من القمر، أو من كويكبٍ ما)، وتتركهم هناك من دون أيّ خطرٍ من انجرافهم، والعودة لاحقاً بالمزيد من الإمدادات، وبعد جمع الموادّ كلّها التي تحتاج إليها في البيئة منعدمة الجاذبيّة هذه، يمكنك بناء محطّةٍ فضائيّةٍ هائلةٍ تمتدّ عشرات الأميال، مع ضغطٍ بسيطٍ على موادّ البناء، وبتدوير المحطّة يمكن للقوى النابذة المُستحدَثة محاكاة قوى الجاذبيّة لمئات (أو آلاف) من السكّان الموجودين في المحطّة. قام اثنان من هواة الفضاء، هُما: كيث، وكارولين هينسون بتأسيس «جمعيّة L5» في آب عام 1975 لهذا الهدف بالذات، وتشتهر الجمعيّة بأفكار أستاذ الفيزياء

في جامعة برينستون جيرارد ك. أونيل، الذي دعا في مؤلّفاته إلى فكرة السكن في الفضاء، مثل كتابه المنشور عام 1976، «الحدود العليا: المستعمرات البشريّة في الفضاء»، وتأسّست جمعيّة L5 على مبدأ توجيهيٍّ واحدٍ: «حلّ الجمعيّة في اجتماعٍ جماهيريٍّ في الفضاء في النقطة L5»؛ أي: بعد تحقيق فكرة سكن البشر في الفضاء، وعندها تعلن الجمعيّة أنّ «المهمّة أُنجزت»، وفي نيسان عام 1987، اندمجت جمعيّة L5 مع المعهد الوطني للفضاء ليصبحا «جمعيّة الفضاء الوطنيّة»، التي لا تزال قائمةً إلى اليوم.

ظهرت فكرة بناء منشأةٍ فضائيّةٍ كبيرةٍ في نقاط المَيَسان منذ عام 1961 في رواية آرثر سي. كلارك «سقوط غبار القمر»[1]، ولم تكن فكرة المدارات المميّزة غريبةً عن كلارك؛ ففي عام 1945، كان أوّل من حسب محدّداً الموقع فوق سطح الأرض حيث يتطابق عنده زمن دوران القمر الصناعيّ تماماً مع زمن دوران الأرض لـ 24 ساعة، وذلك في مذكّرةٍ من أربع صفحاتٍ مكتوبةٍ بخطّ يده. يمكن لقمرٍ صناعيٍّ بمثل هذا المدار أن «يحوم» فوق سطح الأرض، ويعمل كمحطّةٍ مثاليّةٍ للاتّصالات الراديويّة بين دولةٍ وأُخرى، واليوم، تقوم المئات من الأقمار الصناعيّة بذلك.

أين يقع هذا المكان السحريّ الذي يتطابق فيه زمن دوران الجسم مع زمن دوران الأرض؟ ليس في المدار المنخفض للأرض؛ حيث يدور تلسكوب هابل الفضائيّ، ومحطّة الفضاء الدوليّة، وتستغرق الدورة حول الأرض عند هذا المدار 90 دقيقة، وفي الوقت نفسه، الأجسام التي تبعد بُعد القمر عن الأرض تستغرق شهراً لإتمام الدوران، إذنْ، منطقيّاً يجب أن توجد منطقةٌ متوسّطةٌ؛ حيث يمكن أن يستغرق زمن المدار 24 ساعة؛ يتحقّق ذلك فوق سطح الأرض بمسافة 22,300 ميل.

في الواقع، لا توجد نقاط لاغرانج في نظام (الأرض- القمر) فقط؛ إذْ توجد خمس نقاط لاغرانج أُخرى لنظام (الشمس- الأرض)، ولنقطة L2 فيه أهميّة خاصّة للأقمار الصناعيّة المُعدَّة للأبحاث الفيزيائيّة الفلكيّة، وتدور النقاط الخمس لنظام (الشمس- الأرض) حول مركز ثقلهما مرّةً واحدةً خلال السنة الأرضيّة، وعلى بُعد مليون ميل عن الأرض، في الاتّجاه المعاكس للشمس، يُتاح للتلسكوب الموضوع في النقطة L2، الذي يحمله أحد الأقمار الصناعيّة، رؤيةٌ مستمرّةٌ لمدّة 24 ساعة لسماء اللّيل بأكملها؛ لأنّ حجم الأرض يكون قد تقلّص بالنسبة إليه إلى حدٍّ كبير، وفي المقابل، من مدار الأرض المنخفض؛ حيث يقع تلسكوب هابل، تكون الأرض قريبةً جدّاً، وكبيرةً جدّاً في السماء، ما يحجب ما يقارب نصف مجال الرؤية الكليّ. وصل مسبار ويلكينسون

(1) *A Fall of Moondust*, By Arthur C. Clarke (م).

لقياس التباين الميكرويّ (المُسمَّى باسم الفيزيائيّ الراحل ديفيد ويلكينسون، الذي كان مشاركاً في المشروع) إلى النقطة L2 في نظام (الشمس-الأرض) عام 2002، وقام بجمع بياناتٍ لعدّة سنواتٍ عن إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ، وهو بصمة الانفجار العظيم الباقية في كلّ مكانٍ في الكون. إنّ قمّة جاذبيّة L2 في نظام (الشمس-الأرض) أوسع وأكثر تسطُّحاً من منطقة L2 الخاصّة بنظام (الأرض-القمر)، وبتوفير 10% من إجماليّ الوقود، يمكن للمسبار الفضائيّ أن يتجوّل في هذه المنطقة ذات التوازن غير المستقرّ لمدّة 100 سنة تقريباً.

يجري الآن التخطيط لتلسكوب يخْلف تلسكوب هابل الفضائيّ، وهو تلسكوب «جيمس ويب[1]»، الذي سُمِّي باسم رئيس وكالة ناسا السابق في ستينيّات القرن العشرين، وسيعمل التلسكوب في نقطة L2 في نظام (الشمس- الأرض)، وحتّى بعد وصوله، ستبقى مساحة كبيرة -عشرات الآلاف من الأميال المربعة- للمزيد من الأقمار الصناعيّة المستقبليّة.

يقوم قمرٌ صناعيٌّ آخر، اسمه «جينيسس»، بالتذبذب حول نقطة L1 في نظام (الشمس- الأرض)، وتقع النقطة L1 على بُعد مليون ميل باتّجاه الشمس، لمدّة سنتين ونصف، واجه «جينيسس» الشمس ليجمع موادّ شمسيّة أصليّة، بما في ذلك الجُسيمات الذريّة والجزيئيّة من الرياح الشمسيّة، وأُعيدت هذه الموادّ بعد ذلك إلى الأرض، والتُقطت جوّاً في أثناء هبوطها فوق ولاية يوتا، ودُرس تركيبها، تماماً مثل عيّنة مهمّة ستاردست، التي جُمعت من غبار المذنّبات، وسيساعد «جينيسس» في معرفة محتويات السديم الشمسيّ الأصليّ الذي تكوّنت منه الشمس والكواكب، وبعد مغادرة هذه العيّنة النقطة L1، قامت بالتفافٍ حول النقطة L2، ثمّ توجّهت في مسارها نحو الأرض.

بالنظر إلى أنّ النقطتين: L4، وL5 هما منطقتان بتوازنٍ مستقرٍّ، يمكن للمرء أن يفترض أنّ النفايات الفضائيّة ستتراكم هناك، ما يجعل من الخطورة القيام بأيّ أعمالٍ هناك. في الواقع، تنبّأ العالِم لاغرانج بأنّ الحطام الفضائيّ سيوجد في النقطتين: L4، وL5 لنظام (الشمس- المشتري) ذي القوّة الثقاليّة الكبيرة، وبعد قرنٍ من ذلك، في عام 1905، أكتشف أوّل أفراد عائلة «طروادة» من الكويكبات. نعرف الآن أنّه بالنسبة إلى النقطتين: L4، وL5 لنظام (الشمس- المشتري)، تسير آلاف الكويكبات وتتبع المشتري في دورانه حول الشمس، بمراحل زمنيّة مساوية لمدّة

---

(1) انطلق أقوى مرصدٍ فضائيٍّ على الإطلاق، تلسكوب جيمس ويب الفضائيّ، في 25 كانون الأول/ديسمبر 2021 لاستكشاف الكون وأقدم أجرام كوننا. بتكلفة 10 مليار دولار، سافر ويب أكثر من 930 ألف ميل (1.5 مليون كيلومتر) ووصل إلى منزله الجديد حيث سيدور، وهو نقطة لاغرانج الثانية L2 الواقعة خلف الأرض بعيداً عن الشمس بتاريخ 24 كانون الثاني /يناير 2022. (م).

دوران المشتري حول الشمس، ويتصرّف عالَم الكويكبات هذا كما لو كان يستجيب لتأثير شعاعٍ جرّار؛ حيث تبقى هذه الكويكبات مربوطةً إلى الأبد بقوى الثقالة، والقوى النابذة لنظام (الشمس- المشتري). بالطبع، نتوقّع أن تتراكم أنقاض الفضاء في النقطتين: L4، وL5 في نظامي: (الأرض- القمر)، و(الشمس- الأرض)، وبالفعل يحدث ذلك، لكنْ ليس بالكميّة الموجودة في نظام (الشمس- المشتري).

وكفائدة جانبيّة مهمّة، نذكر أنّ انطلاق مركبةٍ فضائيّةٍ يتطلّب عند نقاط لاغرانج قليلاً من الوقود للوصول إلى نقاط لاغرانج الأُخرى، أو حتّى إلى الكواكب، بخلاف الانطلاق من سطح الكوكب، حيث يُصرف معظم الوقود للارتفاع عن سطح الكوكب، يشبه الانطلاق من إحدى نقاط لاغرانج مغادرةَ سفينةٍ من الحوض الجافّ في الميناء؛ حيث تنزل برفقٍ، وبأقلّ قدْرٍ من استهلاك الوقود إلى المحيط. الآن، عوضاً عن التفكير بنقاط لاغرانج كمستعمراتٍ بشريّةٍ فضائيّةٍ، يمكننا أن نفكّر بها كبوّاباتٍ لبقيّة النظام الشمسيّ، مثلاً: عند نقاط لاغرانج لنظام (الشمس- الأرض) ستكون في منتصف الطريق إلى المرّيخ؛ ليس في المسافة، أو الوقت، ولكنْ في العالم الأكثر أهميّة، وهو استهلاك الوقود.

في تصوّرٍ لمستقبلنا البعيد في الفضاء، يمكن أن نتخيّل محطّات وقودٍ في كلّ نقطة لاغرانج في النظام الشمسيّ؛ حيث يملأ المسافرون خزّانات الوقود لصواريخهم في طريقهم لزيارة الأصدقاء والأقارب في أماكن أُخرى بين الكواكب؛ نموذج السفر هذا، مهما كان المستقبل الذي يتنبأ به، ليس بعيد المنال تماماً. لاحِظ أنّه بدون محطّات الوقود المنتشرة في الولايات المتّحدة، ستتطلّب سيّارتك مخصّصات وقود صاروخ ساتورن 5، لتتمكّن من عبور أمريكا من ساحل الأطلسيّ إلى ساحل المحيط الهادئ، وبهذه الحالة سيكون معظم حجم وكتلة سيّارتك خزّاناً للوقود، لكنّنا لا نسافر بهذه الطريقة على الأرض، ربّما سيحين الوقت لنسافر عبْر الفضاء بهذه الطريقة أيضاً.



- 10 -

قضايا المادّة المُضادَّة

أعتقد أنّ علماء فيزياء الجُسيمات سيربحون في مسابقة أكثر المصطلحات هزلاً في العلوم الفيزيائيّة؛ فأين يمكن أن تجد مصطلحاتٍ، مثل: «بوزون اتّجاهي[1] محايد يجري تبادله بين ميوون سالب ونيوترينو ميوون»؟ أو «تبادل للغلوونات بين كوارك غريب وكوارك ساحر»؟ وإلى جانب هذه الجُسيمات العديدة، التي تحمل أسماء عجيبة، يُفترض وجود كونٍ آخر موازٍ من الجُسيمات المُضادَّة، والمعروفة عموماً بـ«المادة المُضادَّة»، وبصرف النظر عن الظهور المتواصل للمادّة المُضادَّة في قصص الخيال العلميّ، فإنّها ليست خياليّةً أبداً، بل حقيقة، وكما يوحي اسمها، فهي تفنى تماماً عند أيّ اتّصالٍ لها مع المادّة العاديّة.

يكشف الكون لنا عن رومانسيّةٍ مميّزةٍ بين الجُسيمات والجُسيمات المُضادَّة، فيمكن لهذين النوعين من الجُسيمات أن يولَدا معاً من الطاقة الصافية، أو يموتا معاً بأنْ يُفني أحدهما الآخر لتتحوّل كتلتهما المُجتمِعة إلى طاقةٍ مجدّداً. في عام 1932، اكتشف الفيزيائيّ الأمريكيّ كارل ديفيد أندرسون الإلكترون المُضادّ: وهو الجُسيم موجب الشحنة المُضادّ للإلكترون سالب الشحنة، ومنذ ذلك الوقت اكتشف علماء فيزياء الجُسيمات على نحوٍ دائمٍ جُسيماتٍ مُضادَّةً من مختلف الأنواع في مسرِّعات الجُسيمات، لكنّهم نجحوا حديثاً في دمج جُسيمات المادّة المُضادَّة لتوليد ذرّاتٍ مُضادَّةٍ كاملة؛ إذْ نجحت مجموعةٌ من العلماء القادمين من دولٍ متعدّدةٍ، بقيادة والتر أويليرت، الذي يعمل في معهد أبحاث الفيزياء النوويّة في يوليش في ألمانيا، في توليد

(1) يشمل (القياسي) (Standard Model) ثلاثة أصنافٍ من الجسيمات: الليبتونات (Leptons)، والكواركات (Quarks)، والبوزونات (Bosons). الكواركات والليبتونات هي جزءٌ من مجموعةٍ من الجسيمات الخفيفة جدّاً تُسمّى الفيرميونات (Fermions) التي تعدّ المكونات الأساسيّة للمادّة. (م).

ذرّات الهيدروجين المُضادّ، يدور فيها إلكترون مُضادّ حول بروتون مُضادّ، واستعمل الفيزيائيّون لتوليد هذه الذرّات المُضادّة مسرِّع الجُسيمات العملاق الذي تديره المنظّمة الأوروبيّة للأبحاث النوويّة في جنيف بسويسرا، المعروف بالاختصار الفرنسيّ سيرن (CERN)، حيث حصلت العديد من الإنجازات المهمّة في فيزياء الجُسيمات.

الطريقة بسيطة: عليك توليد مجموعةٍ من الإلكترونات المُضادّة، ومجموعةٍ من البروتونات المُضادّة، ثمّ الجمع بينهما في درجة حرارةٍ وكثافةٍ مناسبتين، وانتظر أن تتّحد مع بعضها لتكوّن ذرّاتٍ مُضادّةً، وفي أثناء الجولة الأولى من التجارب أنتج فريق أوليبرت تسع ذرّاتٍ من الهيدروجين المُضادّ، لكنْ في عالَمٍ تهيمن عليه المادّة العاديّة تكون حياة ذرّات المادّة المُضادّة في خطرٍ دائمٍ، وبالفعل استمرّت ذرّات الهيدروجين المُضادّ لأقلّ من 40 نانو ثانية (40 جزءاً من مليار جزءٍ من الثانية) قبل أن تفنى مع ذرّات المادّة العاديّة.

كان اكتشاف الإلكترون المُضادّ أحد أعظم انتصارات الفيزياء النظريّة؛ لأنّ التنبّؤ بوجوده حصل قبل الاكتشاف بسنواتٍ قليلةٍ على يد الفيزيائيّ البريطانيّ بول إيه إم ديراك. لاحظ ديراك في معادلته لطاقة الإلكترون وجود حَلّين للمعادلة: حلّ موجب، وحلّ سالب، وكان الحلّ الموجب ينتج الإلكترون العاديّ، لكنّ الحلّ السالب كان في البداية صعب التفسير؛ لأنّه لم يتوافق مع العالَم الحقيقيّ.

ليست المعادلات ثنائيّة الحلّ أمراً غير عاديّ، ومن أبسط الأمثلة عليها: ما الرقم الذي إذا ضُرب بنفسه يكون الناتج 9؟ هل الجواب 3 أم -3؟ بالطبع، كلاهما صحيح؛ لأنّ (3*3=9)، و(-3*-3=9) أيضاً. لا تضمن حلول المعادلات جميعها توافقاً مع الواقع، لكنْ لو كان النموذج الرياضيّ لظاهرةٍ فيزيائيّةٍ ما صحيحاً، فإنّ تعديل معادلاته يمكن أن يحمل فائدةً في تعديل فهمنا للكون بأكمله (كما أنّه أسهل من البدء بنموذجٍ جديد)، وكما في حالة ديراك والمادّة المُضادّة، تقود مثل هذه الخطوات إلى تنبّؤاتٍ قابلةٍ للتحقق تجريبيّاً، وإذا ثبت خطأ التنبّؤ تُنحّى النظريّة جانباً، لكنْ بصرف النظر عن النتيجة المادّيّة، يضمن النموذج الرياضيّ أنّ النتائج التي نتوصّل إليها منطقيّةٌ ومتّسقةٌ داخليّاً أيضاً.

جرى تطوير نظريّة الكَمّ، وتُعرف أيضاً بفيزياء الكَمّ، في عشرينيّات القرن العشرين، وهي فرعٌ في الفيزياء يصف المادّة على مستويات الجُسيمات الذريّة ودون الذريّة، وباستعمال قواعد الفيزياء الكموميّة الموضوعة حديثاً حينها، افترض ديراك وجود إلكترونٍ شبحيٍّ قد يأتي من «الجانب الآخر»، ويظهر للوجود فجأةً كإلكترون عاديّ تاركاً وراءه فجوةً في بحر الطاقات

السالبة. اقترح ديراك أنّ هذه الفجوة ستكشِف عن نفسها تجريبياً على صورة إلكترونٍ موجب الشحنة، الذي صار معروفاً بالبوزيترون (الإلكترون المُضادّ).

تملك الجُسيمات دون الذريّة العديد من الخصائص القابلة للقياس، ويملك الجُسيم المُضادّ خصائص مطابقة لخصائص الجُسيم العاديّ باستثناء خصيصةٍ واحدةٍ يكون لها القيمة المعاكسة للقيمة في الجُسيم العادي. أكثر الأمثلة وضوحاً على ذلك: يطابق البوزيترون الإلكترون في الخصائص جميعها باستثناء نوع الشحنة، فالبوزيترون يحمل شحنةً موجبةً بينما يحمل الإلكترون شحنةً سالبةً، وبالمثل: يحمل البروتون المُضادّ شحنةً سالبةً، بعكس البروتون العاديّ موجب الشحنة.

على نحوٍ لا يُصدَّق، يوجد جُسيمٌ مُضادٌ حتّى للنيوترون عديم الشحنة، يُسمّى النيوترون المُضادّ، يحمل النيوترون المُضادّ شحنةً صفريّةً مُضادّةً لتلك الخاصّة بالنيوترون العاديّ، وينبع هذا السحر الرياضيّ من الشحنة الجزئيّة التي تحملها الكواركات الثلاثة المكوِّنة للنيوترون، حيث تكون الشحنات الجزئيّة التي تكوِّن النيوترون العاديّ هي: -1\3، -1\3، +2\3، بينما التي يتكوَّن منها النيوترون المُضادّ هي: 1\3، 1\3، -2\3. فمجموع الشحنات الجزئيّة لكلّ ثلاثة كواركات يساوي الصفر، لكنّ المكوِّنات الأوليّة تحمل شحناتٍ متعاكسة.

يمكن أن تظهر المادّة المُضادّة للوجود من الفراغ، وإذا امتلكت فوتونات أشعّة غاما طاقةً عاليةً كافيةً، يمكنها تحويل نفسها عفوياً إلى أزواجٍ من الإلكترونات-البوزيترونات، وبهذا تحوِّل طاقتها الكبيرة إلى قدْرٍ صغيرٍ من المادّة، في عمليّةٍ تصفها معادلة أينشتاين:

$$E = mc^2$$

والتي تُقرأ ببساطة:

الطاقة = الكتلة * (سرعة الضوء)^2

أو حتّى بلغةٍ أبسط:

الطاقة = الكتلة * عدد كبير جداً

وبلغة ديراك في تفسيره الأصليّ، فإنّ فوتون أشعّة غاما ركل الإلكترون خارج نطاق الطاقات السلبيّة لينتج عن ذلك إلكترون عاديّ، وفجوة مكانه. العمليّة المعاكسة ممكنةٌ أيضاً؛ فإذا اصطدم جُسيمٌ بجُسيمه المُضادّ فسيُفني أحدهما الآخر من خلال إعادة ملْء الفجوة وإطلاق أشعّة غاما، وأشعّة غاما نوعٌ من الإشعاع عليك تجنُّبه. ما الدليل على ذلك؟ تذكَّر فقط بطل فيلم «The Hulk»، وكيف تحوّل إلى وحشٍ أخضرَ مخيفٍ عند تعرُّضه لهذه الأشعّة.

إذا تمكّنت بصورةٍ ما من تصنيع بعض الجُسيمات المُضادّة المكوّنة للذرّات المُضادّة في المنزل، فستواجه مشكلةً صعبةً؛ لأنّ مادّتك المُضادّة ستفنى عند أبسط تلامسٍ مع أيّ حقيبةٍ عاديّةٍ، أو كيس بقالةٍ قد تختار أن تحتويها، أو تحملها بداخله. الطريقة الأكثر ذكاءً لحفظ المادّة المُضادّة هي في حبْس هذه الجُسيمات داخل حدود مجالٍ مغناطيسيٍّ قويٍّ؛ حيث ستمنعها الجدران المغناطيسيّة من الخروج، ويمكن لهذا المجال المغناطيسيّ القويّ في الفراغ حماية المادّة المُضادّة من الفناء مع المادّة العاديّة؛ هذا المجال المغناطيسيّ المماثل لزجاجة حفظ العيّنات سيكون الاختيار الأفضل عند تعاملك مع أيّة مادّةٍ صعبة الاحتواء، مثل: الغازات المتوهّجة التي تصل حرارتها إلى 100 مليون درجة في تجارب الاندماج النوويّ (المُتحكَّم بها)، لكنّ المشكلة الأكبر تظهر بعد توليد ذرّاتٍ مُضادّةٍ؛ لأنّها لا ترتدّ عن جدران المجال المغناطيسيّ مثل الجُسيمات المُضادّة التي تكوّنها. إذنْ، من الأفضل الاحتفاظ بالبوزيترونات والبروتونات المُضادّة في حاوياتٍ مغناطيسيّةٍ منفصلةٍ إلى أن نحتاج إلى جمعها مع بعضها في ذرّات.

يتطلّب توليد المادّة المُضادّة كميّةً من الطاقة لا تقلّ عن كميّة الطاقة التي تُستعاد عند فنائها مع المادّة العاديّة، وفي حال تمكّنت من اختراع مركبةٍ فضائيّةٍ ذات محرّكٍ يعمل بالطاقة الناتجة عن فناء المادّة مع المادّة المُضادّة، فالأفضل أن تتزوّد بوقودٍ كافٍ قبل الانطلاق؛ لأنّ محرّك المادّة المُضادّة سيبدأ بامتصاص الطاقة ببطءٍ من مركبتك الفضائيّة، كما في سلسلة «ستار تريك»، كان القائد كيرك يطلب باستمرار «المزيد من الطاقة» من محرّكات المادّة-المادّة المُضادّة، وكان سكوتي يجيبه دائماً: «المحرّكات لا تحتمل المزيد».

في حين لا يوجد سبب لتوقّع وجود اختلاف، لم يُظهِر «الهيدروجين المُضادّ» بعد تطابقاً في الخصائص مع الهيدروجين العادي، ويجب التحقّق من أمرين، هما: السلوك المفصّل للبوزيترون في ارتباطه مع أحد البروتونات المُضادّة، هل يحقّق قوانين نظريّة الكمّ كلّها؟ وقوّة الجاذبيّة للذرّة المُضادّة، هل تُظهر جاذبيّةً مُضادّةً عوضاً عن الجاذبيّة العاديّة؟ وعلى المقاييس الذرّية، تكون قوّة الجاذبيّة بين الجُسيمات صغيرةً على نحوٍ لا يُقاس، وتهيمن القوى الذريّة والنوويّة على العمليّات التي تحدث، وكلاهما أقوى بكثيرٍ من الجاذبيّة؛ لذا نحتاج إلى كميّةٍ كافيةٍ من الذرّات المُضادّة لصنع أجسامٍ بأحجامٍ يمكن لنا قياس خصائصها ومقارنتها مع خصائص الأجسام العاديّة، مثلاً: إذا كانت لدينا مجموعة من كرات البلياردو (وبالطبع طاولة بلياردو وعِصيّ بلياردو) مصنوعة من مادّةٍ مُضادّةٍ، هل تسقط كرة الثمانية المُضادّة على الأرض بسرعة كرة الثمانية العاديّة نفسها؟ أو هل تدور الكواكب المُضادّة حول النجوم المُضادّة بالطريقة نفسها التي تدور بها الكواكب العاديّة حول النجوم العاديّة؟

أنا مقتنعٌ فلسفياً أنّ خصائص المادّة المُضادّة على المستوى الكبير ستكون مطابقةً لخصائص المادّة العاديّة، مثل: الجاذبيّة العاديّة، والتصادمات العاديّة، والضوء العاديّ، وما إلى ذلك، لكنْ لسوء الحظّ، هذا يعني أنّه لو كانت هناك مجرّة مُضادّة تتّجه في طريقها للاصطدام بمجرّة درب التبّانة، فلا يمكن تمييزها عن المجرّات العاديّة قبل فوات الأوان، لكنْ مثل هذا المصير المخيف ليس شائع الحدوث في الكون اليوم؛ لأنّه لو حدث مثلاً أنْ أفنى نجمٌ مُضادٌ نجماً آخر عادياً، فسيكون تحوّل مادّتيهما: العاديّة، والمُضادّة، إلى طاقةٍ من أشعّة غاما تحوّلاً سريعاً، وعنيفاً، وشاملاً؛ حيث ينتج عن اصطدام نجمين لهما كتلة مساوية لكتلة الشمس (أي يحتوي كلّ منهما على 10^{57} جُسيمات)، طاقةٌ تفوق طاقة النجوم الموجودة في 100 مليون مجرّة. ما من دليلٍ على وقوع مثل هذا الحدث من قبل؛ لذا فالاحتمال الأكبر بأنّ المادّة العاديّة تهيمن على الكون، وبكلماتٍ أُخرى: لست في حاجةٍ إلى وضع احتمال الفناء مع المادّة المُضادّة ضمن الأخطار في رحلتك بين المجرّات.

مع ذلك، يبدو الكون في حالةٍ مقلقةٍ من عدم التوازن: في بداية الكون، كان كلّ جُسيمٍ مُضادٌ مصحوباً بجُسيمٍ عاديٍّ، لكنّنا نجد اليوم الجُسيمات العاديّة مستقرّةً وسعيدةً بدون جُسيماتها المُضادّة. هل هناك جيوبٌ خفيّةٌ من المادّة المُضادّة في الكون تفسّر عدم التوازن هذا؟ هل أُنتهِك أحدُ قوانين الفيزياء، (أو تسبّب قانونٌ فيزيائيٌّ غير معروفٍ بعدُ في هذا الوضع) خلال مرحلة الكون المبكّر؛ حيث تسبّب في غَلَبة المادّة العاديّة على المادّة المُضادّة إلى الأبد؟ ربّما لا نعرف إجابات هذه الأسئلة قريباً، لكن الآن، إذا هبط كائنٌ فضائيٌّ في باحة منزلك، ومدّ لك إحدى مجسّاته كتحيّةٍ، ألقِ له كرة بلياردو قبل أن تصافحه، إذا انفجرت الكرة والكائن، فالأرجح أنّه كان من المادّة المُضادّة، وإذا لم يحدث شيء فيمكنك مصافحة هذا الصديق الجديد بأمانٍ، ثمّ اصطحابه إلى قائدك.

القسم الثالث

طرائق وأساليب الطبيعة

كيف تُظهِر الطبيعةُ نفسَها للعقل المُتسائل

- 11 -

أهميّة أن تكون ثابتاً

قُل كلمة «ثابت»، وربّما سيفكّر من يستمع إليك بالإخلاص الزوجيّ، أو الاستقرار الماليّ، أو ربّما سيذكرون العبارة المأثورة: «التغيُّر هو الثابت الوحيد في الحياة».

للكون ثوابته الخاصّة به، وهي كميّاتٌ لا تتغيَّر، تعاود الظهور إلى ما لا نهاية في الطبيعة، وفي الرياضيّات، التي تملك قِيَمها العدديّة الثابتة أهميّةً كبيرةً في السعي العِلميّ، وبعض هذه الثوابت الفيزيائيّة ارتكز على قياساتٍ فعليّة، وبعضها الآخر، على الرغم من أنّه يُلقي الضوء على ما يحدث في الكون، إلّا أنّه عدديٌّ بحت ينشأ من قلب الرياضيّات نفسها.

بعض الثوابت محليّةٌ، ومحدودةٌ، وقابلةٌ للتطبيق في سياقٍ واحدٍ فقط، أو في جسمٍ واحدٍ، أو مجموعةٍ فرعيّةٍ واحدةٍ، وبعضها الآخر أساسيٌّ وكونيٌّ، يتعلّق بالفضاء، والزمن، والمادّة، والطاقة في كلّ مكان، وبذلك يمنح الباحثين القدرة على فهْم ماضي وحاضر الكون، والتنبّؤ بمستقبله. يعرف العلماء عدداً قليلاً فقط من الثوابت الأساسيّة، وتحتلّ المراكز الثلاثة الأولى في القوائم الأكثر شيوعاً: سرعة الضوء في الفراغ، وثابت نيوتن للجاذبيّة، وثابت بلانك، وهو أساس فيزياء الكمّ، ومفتاح مبدأ عدم اليقين للعالِم هايزنبرغ، وتتضمّن الثوابت العالميّة الأُخرى شحنة وكتلة كلٍّ من الجُسيمات دون الذريّة الأساسيّة.

في كلّ مرّةٍ يظهر نمطٌ مكوّنٌ من سببٍ ونتيجةٍ في الكون، ومن الأرجح أن يكون هناك ثابتٌ في العمليّة، لكنْ لقياس السبب والنتيجة، يجب التدقيق فيما هو متغيِّر، وما هو غير متغيِّر، والتأكّد من أنّ أيّ ارتباطٍ، أو تلازمٍ بين أمرين، مهما بدا ذلك مضلِّلاً، لا يُساء فهمُه بعَدِّ أحدهما مُسبِّباً للآخر، مثلاً: في التسعينيّات ازداد عدد السكان في ألمانيا، وارتفع معدّل المواليد أيضاً. هل علينا أن نعتقد أنّ اللقْلَق الذي يحمل الأطفال من السماء هو السبب؟ لا أعتقد ذلك.

لكنْ بمجرّد التأكّد من وجود ثابتٍ وقياس قيمته، يمكنك التنبّؤ بالأماكن، والأشياء، والظواهر، التي لم تُكتشف، أو لم يُفكَّر بها بعد.

اكتشف يوهانس كِبلر -عالِم الرياضيّات الألمانيّ والصوفيّ «أحياناً»- أوّلَ كميّةٍ فيزيائيّةٍ ثابتةٍ في الكون، في عام 1618، بعد عشر سنواتٍ من الانخراط في ألغازٍ صوفيّةٍ، اكتشف كِبلر أنّه إذا حسبت مربّع الزمن الذي يستغرقه كوكبٌ للدوران حول الشمس، فإنّ هذه الكميّة تتناسب دائماً مع مكعّب متوسّط بُعد الكوكب عن الشمس، وتبيَّن أنّ هذه العلاقة المدهشة لا تقتصر فقط على كلّ كوكبٍ في نظامنا الشمسيّ، بلْ على كلّ نجمٍ في مداره حول مركز مجرّته، وعلى كلّ مجرَّةٍ في مدارها حول مركز العنقود المجرّيّ التابعة له، وكما تظنّ، على الرغم من أنّ كِبلر لم يكن يعرف ذلك، كان هناك ثابتٌ في هذه العلاقة: ثابت نيوتن للجاذبيّة، الكامن في صِيَغ كِبلر، الذي لم يُكشف عنه بهذا الشكل إلّا بعد 70 سنة أُخرى.

ربّما كان الثابت الأوّل الذي تعلّمناه في المدرسة هو Pi: وهو كيانٌ رياضيٌّ يُشار إليه منذ أوائل القرن الثامن عشر بالحرف اليونانيّ π، وتمثّل Pi ببساطة نسبة محيط الدائرة إلى قطرها، وبكلماتٍ أُخرى: Pi هي الرقم الذي تضرب به إذا كنت تريد الانتقال من قطر الدائرة إلى محيطها، (المحيط = π * القطر)، وتنبثق Pi أيضاً في الكثير من الأماكن المعروفة والغريبة، بما في ذلك مساحات الدوائر، والقطوع الناقصة، وحجوم بعض المُجسّمات، وحركة البندول، واهتزازات الأوتار، وتحليل الدارات الكهربائيّة.

Pi ليس عدداً صحيحاً، بل عدد يحتوي على متوالية لا نهائيّة من الأرقام العشريّة غير المتكرّرة؛ يظهر عند كتابته ليشمل الأرقام العربيّة كلّها: 3.14159265358979323846264338327950

بصرف النظر عن المكان الذي تعيش فيه، أو جنسيّتك، أو عمرك، أو ميولك الفنيّة، وبصرف النظر عن دِينك، أو إن كنت ديمقراطيّاً، أو جمهوريّاً، إذا قمت بحساب قيمة Pi، فستحصل على الإجابة نفسها مثل كلّ شخصٍ آخر في الكون. تتمتّع الثوابت مثل Pi بمستوى من الدوليّة لا تحظى به أيّة قضيّةٍ من القضايا الإنسانيّة، ولم ولنْ تحظى أبداً؛ ولهذا السبب، إنْ حدث أيّ تواصلٍ بين البشر وكائنات فضائيّة ما، غالباً ستكون لغة التواصل هي الرياضيّات، اللّغة المشتركة للكون.

ندعو Pi عدداً غير كسريّ؛ حيث لا يمكن تمثيل القيمة الدقيقة لـ Pi ككسر يتكوّن من عددين صحيحين، مثل 3/2 أو 11/18، لكنّ علماء الرياضيّات الأوائل، الذين لم تكن لديهم أيّة فكرةٍ عن الأعداد غير الكسرية، لم يتجاوز تمثيل Pi لديهم الشكل (8/25) عند البابليّين قبل

ألفي سنة قبل الميلاد، و(81/256) عند الفراعنة قرابة 1650 قبل الميلاد، وبعد ذلك، قرابة 250 قبل الميلاد، توصّل عالِم الرياضيّات اليونانيّ أرخميدس، من خلال الانخراط في تمارينَ هندسيّةٍ صعبةٍ، إلى كسرين عوضاً عن كسرٍ واحد: 71/223 و7/22، وأدرك أرخميدس أنّ القيمة الدقيقة لـ Pi، التي لم يدّعِ أنّه وجدها، يجب أن تقع في مكانٍ ما بين هذين الكسرين.

نظراً إلى التقدّم الذي أحرزناه اليوم، يبدو تقدير قيمة Pi في الكتاب المُقدَّس غير دقيق، في مقطعٍ يصف أثاث معبد الملك سليمان: «وَعَمِلَ الْبَحْرَ مَسْبُوكاً. عَشْرَ أَذْرُعٍ مِنْ شَفَتِهِ إِلَى شَفَتِهِ، وَكَانَ مُدَوَّراً مُسْتَدِيراً. ارْتِفَاعُهُ خَمْسُ أَذْرُعٍ، وَخَيْطٌ ثَلاَثُونَ ذِرَاعاً يُحِيطُ بِهِ بِدَائِرِهِ». (سفر الملوك الأول 7:23) أي: إنّ قطر الدائرة كان 10 وحدات، ومحيطها 30 وحدة، ولا يمكن أن يكون هذا صحيحاً إلّا إذا كانت قيمة Pi تساوي 3. بعد ثلاثة آلاف سنة، في عام 1897، أقرّ مجلس النوّاب في الهيئة التشريعيّة لولاية إنديانا مشروع قانونٍ يعلن أنّه من الآن فصاعداً في ولاية هوسير: «نسبة القطر إلى محيطه هي خمسة أرباع إلى أربعة». وبعبارةٍ أُخرى: 3.2 تماماً.

بصرف النظر عن مشرِّعي القوانين الذين يواجهون تحدّياً في تدقيق الأرقام، فإنّ أعظم علماء الرياضيّات، بمن فيهم محمد بن موسى الخوارزميّ، عالِم الرياضيّات العراقيّ من القرن التاسع، الذي يعيش اسْمه حتّى اليوم عبْر كلمة «خوارزميّة»، ونيوتن أيضاً، عملوا بجهدٍ كبيرٍ لزيادة التحديد الدقيق لقيمة Pi، وأدّى ظهور أجهزة الحاسوب الإلكترونيّة إلى تفجير سقف هذه المحاولات، وعَدّاً من أوائل القرن الواحد والعشرين، تجاوز عدد الأرقام المعروفة بعد الفاصلة لـ Pi تريليون رقم، متجاوزاً بذلك أيّ تطبيقٍ فيزيائيٍّ، باستثناء الدراسات التي يقوم بها (أفراد-Pi) حول العالم، لمعرفة إذا كان تسلسل الأرقام ليس عشوائيّاً، بل يحمل معنىً خفيّاً ما.

من مساهمات نيوتن التي تفوق في الأهميّة مساهمته في تحديد قيمة Pi، قوانين الحركة العالميّة الثلاثة وقانون الجذب العام؛ هذه القوانين الأربعة كانت موجودةً في عمله العظيم: «المبادئ الرياضيّة للفلسفة الطبيعيّة»[1]، أو «المبادئ» باختصار، الذي نُشر عام 1687.

قبل كتاب مبادئ نيوتن، كان العلماء (المهتمّون بما كان يُسمّى آنذاك الميكانيكا، وفيما بعد عِلم الفيزياء) يصفون ببساطةٍ ما يرونه، ويأمَلون أن يحدث في المرّة القادمة بالطريقة نفسها، لكنْ بعد أن أصبحوا مُسلَّحين بقوانين نيوتن للحركة، صار بإمكانهم وصف العلاقات بين القوّة، والكتلة، والتسارع تحت الظروف كلّها، وبذلك دخلت القدرة على التنبّؤ عالَم الفيزياء. يمكننا الآن التنبّؤ بما يمكن أن يحدث عِلميّاً.

(1) *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, By Issac Newton

وبخلاف قانونَي نيوتن: الأوّل، والثالث، فإنّ قانونه الثاني عبارة عن معادلة:

$$F = ma$$

وبترجمته نجد أن F القوّة المطبّقة على جسمٍ ذي كتلةٍ معلومةٍ m تنتج تسارعاً a للجسم، وببساطةٍ أكثر: كلّما ازدادت القوّة ازداد التسارع، ويتغيّران بإيقاعٍ واحدٍ: ضاعف القوّة المطبّقة على الجسم وسيتضاعف تسارعه، وتعمل كتلة الجسم كثابتٍ للمعادلة، وتمكّنك من حساب التسارع الذي ستحصل عليه من أيّة قوّةٍ مُعطاة.

لكنْ ماذا لو افترضنا أنّ كتلة جسمٍ ما ليست ثابتة؟ أطلقْ صاروخاً، وستتناقص كتلته باستمرارٍ مع استهلاكه الوقود الموجود في خزّانه، والآن، للمزيد من الأفكار، افترضْ أنّ الكتلة تتغيّر حتّى من دون أن تضيف إليها أو تطرح منها شيئاً؛ هذا تماماً ما يحدث في نظريّة أينشتاين النسبيّة الخاصّة، فبينما تكون كتلة الجسم في كون نيوتن ثابتةً لا تتغيّر إلى الأبد، نجد في كون أينشتاين، الكون النسبيّ، يحدث العكس من ذلك، فكتلة الجسم غير ثابتةٍ؛ حيث تزداد بزيادة سرعة الجسم. ما يحدث في كون أينشتاين هو أنّ مقاومة الجسم للتسارع تزداد كلّما ازداد هذا التسارع، ويظهر ازدياد المقاومة هذا كازديادٍ في الكتلة، ولم يكن نيوتن يعرف هذه الحقائق «النسبيّة»؛ لأنّها لا تظهر بوضوحٍ إلّا بالسرعات التي تُقارن بسرعة الضوء، وبالنسبة إلى أينشتاين، عنى ذلك وجود ثابتٍ آخر؛ سرعة الضوء، وهو موضوعٌ استحقّ أن يكون محور نظريّته في وقتٍ لاحق.

كما العديد من القوانين الفيزيائية، فإنّ قوانين نيوتن للحركة بسيطةٌ ومجرّدةٌ، لكنّ قانونه الخاصّ بالجاذبيّة معقّدٌ بطريقةٍ ما، ينصُّ قانون نيوتن للجاذبيّة على أنّ قوّة التجاذب الثقاليّ بين جسمين (سواء كانا قذيفة مدفعٍ وكوكب الأرض أم القمر وكوكب الأرض، أو ذرّتين، أو مجرّتين) تعتمد فقط على كتلتي الجسمين، وعلى المسافة بينهما، وبدقّةٍ أكثر: تتناسب قوّة التجاذب طرداً مع حاصل ضرب كتلة أحد الجسمين مع كتلة الجسم الآخر، وتتناسب عكساً مع مربّع المسافة بينهما، ويعطينا هذان التناسبان رؤيةً عميقةً لكيفيّة عمل الطبيعة: إذا كانت قوّة التجاذب الثقاليّ بين جسمين هي F على مسافةٍ محدّدةٍ، ستصبح 4/1 F عند مضاعفة المسافة نفسها، و9/1 F عند ثلاثة أضعاف المسافة، وهكذا.

لكنّ هذه المعلومة بمفردها ليست كافيةً لحساب القِيم الدقيقة للقوى العاملة في الكون؛ لهذا السبب، يحتاج التناسب إلى ثابتٍ، وفي هذه الحالة، لدينا ما يُعرف بـ(ثابت الجاذبيّة G)، أو ما يُعرف بين من يتعاملون مع المعادلة بمودّة، بـ(G الكبيرة).

كان إدراك التوافق بين المسافة والكتلة أحد رؤى نيوتن الرائعة العديدة، لكنْ لم يكن لدى نيوتن أيّة طريقةٍ لقياس قيمة الثابت G، فالقيام بذلك كان يتطلّب أن يعرف قِيَم الحدود الأُخرى كلّها في المعادلة، لتظهر قيمة G محدّدةً تماماً، لكنْ في أيّام نيوتن لم يكن بإمكانك معرفة قِيَم حدود المعادلة كلّها، فعلى الرغم من سهولة قياس كتلتي قذيفتين مدفعيّتين، وقياس المسافة الفاصلة بينهما، فإنّ قوّة التجاذب المتبادلة بينهما ستكون صغيرةً جدّاً، ولا يمكن لأيّ جهازٍ مُتاحٍ في ذلك الوقت اكتشافها، أو يمكن قياس قوّة الجاذبيّة بين الأرض وقذيفة مدفع، لكنْ لم تكن هناك طريقةٌ لقياس كتلة الأرض. حتّى عام 1798، بعد مُضيّ أكثر من قرنٍ على كتاب «المبادئ»، توصّل عالِم الكيمياء والفيزياء الإنجليزيّ هنري كافنديش إلى قيمة لـِ(G) يمكن الوثوق بها لدرجةٍ كافية.

وللوصول إلى قياسه الذي أصبح شهيراً الآن، صنع كافنديش «دمبلاً»[1] من عصا وكُرتين من الرصاص يبلغ قطر كلٍّ منهما 2 بوصة، وعلّق الدمبل من منتصفه بسلكٍ رفيعٍ، بوضعٍ يسمح بالالتفاف إلى الأمام والخلف. وضع كافنديش الأداة في علبةٍ محكمة الإغلاق، ووضع كُرتين من الرصاص قطر كلٍّ منهما 12 بوصة، وكلّ منها في زاويةٍ، خارج العلبة، وستؤثّر قوّة جاذبيّة الكرات الخارجيّة على الكرات الداخليّة للدمبل في العلبة، ما يتسبّب بالتفاف السلك عن الوضعيّة التي عُلّق بها. كانت أفضل قيمةٍ حصل عليها كافنديش بالكاد تصل إلى أربع منازل عشريّة في نهاية سلسلةٍ من الأصفار، في وحدة «متر مكعّب لكلّ كيلوغرام لكلّ ثانيةٍ مربّعة، فكانت القيمة: 0.00000000006754.

لم يكن من السهل الوصول إلى تصميمٍ جيّدٍ للجهاز، فالجاذبيّة قوّةٌ ضعيفةٌ إلى درجة أنّ أيّ شيءٍ تقريباً، حتّى تيّارات الهواء اللطيفة داخل المختبر، يمكن أن تؤثّر على قيمتها في التجربة. في أواخر القرن التاسع عشر، قام عالِم الفيزياء الهنغاري لوران إيتفوس، باستعمال جهازٍ جديدٍ ومحسّنٍ من نمط جهاز كافنديش، بإجراء تحسيناتٍ بسيطةٍ لدقّة قيمة الثابت G؛ هذه التجربة صعبة للغاية، وحتّى اليوم، ازدادت قيمة G عدداً قليلاً من المنازل العشريّة، ووصلت التجارب الأخيرة التي أجرتها جامعة واشنطن في سياتل، والتي أجراها العالمان: جينس إتش. جوندلاخ، وستيفن إم. ميركوفيتز، إلى قيمة 0.000000000066742. وبالحديث عن ضعف هذه القوّة: كما ذكر جوندلاخ وميركويتز، فقوّة الجاذبيّة التي اضطرّوا إلى قياسها، تعادل وزن بكتيريا واحدة.

بمجرّد أن تعرف قيمة G، يمكنك استخلاص أنواع الأشياء كلّها، مثل: كتلة الأرض، التي

(1) الثقالات الحديديّة التي تُستعمل في رياضات كمال الأجسام. (م).

كانت هدف كافنديش النهائيّ، وأفضل قيمةٍ توصّل إليها جوندلاخ وميركويتز هي تقريباً قرابة ($5.9722 * 10^{24}$) كيلوغرام، وهي قريبةٌ جدّاً من القيمة الحديثة.

يرتبط العديد من الثوابت الفيزيائيّة المُكتشفة في القرن الماضي بالقوى المؤثّرة على الجُسيمات دون الذريّة، وهو العالَم الذي تحكمه الاحتمالات وليس الدقّة، وكان الثابت الأهمّ بينها هو الذي أعلنه الفيزيائيّ الألمانيّ ماكس بلانك عام 1900، وكان ثابت بلانك، ويُرمز له بالحرف h، هو الاكتشاف المؤسِّس لميكانيكيا الكمّ، لكنّ بلانك توصّل إليه بينما كان يبحث في موضوعٍ يبدو عاديّاً: العلاقة بين درجة حرارة جسمٍ ما والطاقة التي تنبعث منه.

تحدّد درجة حرارة جسمٍ ما متوسّط الطاقة الحركيّة لاهتزاز ذرّاته، أو جزيئاته، وبالطبع، ضمن هذا المتوسّط، تهتزّ بعض الجُسيمات بسرعةٍ كبيرةٍ بينما يهتزّ بعضها الآخر ببطءٍ نسبيّاً، وينبعث من هذا النشاط كلّه بحر من الضوء، ينتشر عبْر مجموعةٍ من الطاقات، تماماً مثل الجُسيمات التي تنبعث منها، وعندما ترتفع درجة الحرارة إلى مقدارٍ كافٍ، يبدأ الجسم بالتوهّج على نحوٍ مرئيّ. في أيّام بلانك، كان أحد التحدّيات الكبرى في الفيزياء هو شرحٌ كاملٌ لهذا الطيف الضوئيّ، خاصّةً الحزَم التي تتمتّع بأعلى طاقة.

كانت رؤية بلانك هي تضمين المدى الكامل للطيف المنبعث في معادلةٍ واحدةٍ فقط بافتراض أنّ الطاقة مُكمّمة؛ أي: تتكوّن من وحداتٍ متناهيةٍ في الصِّغَر لا يمكن تقسيمها أكثر، واسْم الواحدة منها الكمّ «Quanta».

بمجرّد أن أدخل بلانك ثابته *h* في معادلة طيف الطاقة، بدأ هذا الثابت في الظهور في كلّ مكان، أحد الأماكن الجيّدة للثابت *h* هو في وصف الكمّ وفهْم الضوء، كلّما ازداد تردّد الضوء ازدادت طاقته، وأفضل مثال هو أشعّة غاما، الحزمة ذات التردّد الأعلى، وهي الأشعّة الأكثر خطراً على الحياة، بينما أشعّة الراديو، ذات التردّد الأكثر انخفاضاً، تعبُر جسمك كلّ ثانيةٍ في كلّ يومٍ من دون أيّ ضرر، يمكن للإشعاع عالي التردّد أن يكون مؤذياً؛ لأنّه بالتحديد يحمل طاقةً أكبر، تتناسب هذه الطاقة طرداً مع التردّد، وما الذي يربط التناسب الطرديّ للطاقة مع التردّد؟ إنّه ثابت بلانك *h*، وإنْ كنت تعتقد أنّ ثابت الجاذبيّة G هو ثابتٌ ضئيلٌ من حيث القيمة، إذنْ ألقِ نظرةً على أفضل قيمةٍ حصلنا عليها لثابت بلانك *h* (بوحدة كيلوغرام-متر مربع لكلّ ثانية):

0.00000000000000000000000000000000066260693

أحد أكثر الطرائق روعةً، وأكثرها استفزازاً أيضاً، التي يظهر فيها الثابت *h* في الطبيعة، تنشأ عمّا يُسمّى مبدأ عدم اليقين الذي أوضحه لأوّل مرّةٍ عام 1927 عالِم الفيزياء الألمانيّ فيرنر

هايزنبرغ؛ مبدأ الشكّ، أو مبدأ عدم اليقين، يحدّد شروط المفاضلة الكونيّة التي لا مفرّ منها: بالنسبة إلى زوجٍ من الخصائص الفيزيائيّة الأساسيّة والمتغيّرة، مثل: الموقع والسرعة، أو الطاقة والوقت؛ لا يمكن قياس كلتَيّ الكمّيّتين بدقّة، وبعبارةٍ أُخرى: إذا قمت بزيادة الدقّة في تحديد الموقع مثلاً، فستنخفض دقّة تحديدك للسرعة، وثابت بلانك *h* هو الذي يضع حدّ الدقّة التي يمكنك تحقيقها، ولا يكون لهذا التفاضل تأثيرٌ كبيرٌ على قياس الأشياء في الحياة العاديّة، لكنْ عندما تصل إلى الأبعاد الذريّة، فإنّ الثابت *h* يظهر حولك ويحشر نفسه في كلّ مكان.

ربّما يبدو الأمر أكثر من مجرّد تناقضٍ، أو حتّى خطأ، لكنْ في العقود الأخيرة بحث العلماء عن أدلّةٍ على أنّ الثوابت لن تصمد إلى الأبد؛ أي: إنّ الثوابت ليست ثوابت! في عام 1938 اقترح الفيزيائيّ الإنجليزيّ بول إيه. إم. ديراك أنّ قيمة الثابت G ربّما تنخفض بتناسبٍ مع عمْر الكون، واليوم هناك فيزيائيّون يبحثون بقوّةٍ عن ثوابت متغيّرة، ويبحث بعضهم عن تغيُّرٍ عبْر الزمن، ويبحث آخرون عن تأثيرات تغيّر الموقع، ولا يزال بعضهم الآخر يستكشف كيف تعمل المعادلات في المجالات التي لم تُجرَّب فيها من قبل؛ عاجلاً أم آجلاً، سيحصلون على نتائج حقيقيّة؛ لذا ترقَّب! ربّما تكون أخبار التغيّر في انتظارنا.

- 12 -

حدود السرعة

باستثناء سوبرمان والمكّوك الفضائي، هناك بضعة أشياء في الحياة تسافر أسرع من الرصاصة المنطلقة، لكنْ لا شيء يتخطّى سرعة الضوء في الفضاء، لا شيء على الإطلاق، مع أنّ الحركة بسرعة الضوء هي بلا جدال ليست لا نهائيّة، بل محدودة، ولأنّ للضوء سرعة محدّدة، أدرك العلماء أنّ النظر في الفضاء يشبه النظر إلى الماضي، ومع تقديرٍ جيّدٍ لسرعة الضوء، يمكننا أن نصل إلى تقديرٍ جيّدٍ ومنطقيٍّ لعُمر الكون.

هذه المفاهيم ليست كونيّةً حصراً، في الحقيقة، عندما تكبس زرّ تشغيل الإضاءة، أنت لست في حاجةٍ إلى الانتظار ليصل الضوء إلى أرض الغرفة، لكنْ أحياناً في الصباح، في أثناء تناولك الفطور، إنْ أردت أن تفكّر في شيءٍ ما جديد، ربّما عليك التفكير في أنّك ترى أولادك الجالسين أمامك على الطاولة ليس كما هُم في الوقت نفسه، بل كما كانوا قبل 3 نانو ثانية (الزمن الذي يستغرقه الضوء ليصل إلى عينك)، وهذا لا يبدو شيئاً يُذكر في حياتنا على الأرض، لكنْ إن وضعت أولادك في مجرّة أندروميدا القريبة، سيكونون في اللّحظة التي تراهم فيها من الأرض، وهُم يغرفون ملاعقهم ليأكلوا حبوب الإفطار، قد كبروا أكثر من مليوني سنة.

باستثناء الكسور العشريّة، تبلغ سرعة الضوء في الفضاء في الوحدات الأمريكيّة 186,282 ميلاً في الثانية، وهو رقمٌ استغرق قروناً من العمل الشاقّ لقياسه بهذه الدقّة، مع ذلك، فمنذ زمنٍ طويلٍ قبل أن تبلغ النظريّات والأدوات العلميّة النضج الذي هي عليه الآن، كان للمفكّرين العظماء أفكار حول طبيعة الضوء: هل الضوء يتولّد من العين أم من الجسم المرئيّ؟ هل الضوء جُسيمات منفصلة أم موجة؟ هل ينتقل الضوء أم يظهر ببساطة؟ إن كان الضوء ينتقل، فكَم سرعته؟

في منتصف القرن الخامس قبل الميلاد، تساءل مفكّرٌ ذو رؤيةٍ -وهو فيلسوفٌ، وشاعرٌ،

وعالِمٌ يونانيٌ اسمه إيمبدوقليس الأكراغاسي- إنْ كان الضوء ينتقل بسرعةٍ محدّدة، لكنْ كان على العالَم أن ينتظر قدوم غاليليو، بطل المنهج التجريبيّ في اكتساب المعرفة، ليضيء على هذا التساؤل من خلال التجربة.

وصف غاليليو خطوات التجربة في كتابه «حوارات عن فرعين علميّين جديدين»[1]، الذي نُشر عام 1638. يقوم بالتجربة شخصان يحمل كلٌّ منهما شعلةً، مع إمكانيّة تغطية هذه الشعلة وإعادة إظهارها بسرعة، فيقف الشخصان على بُعد مسافةٍ محدّدةٍ من بعضهما، لكنْ مع إمكانيّة الرؤية بوضوحٍ، فيقوم الشخص الأوّل بتغطية شعلته، ثمّ إظهارها، وفي اللّحظة نفسها التي يرى فيها الشخص الثاني ذلك يقوم بالمِثل، فيغطّي شعلته، ويظهرها مرّةً أُخرى؛ بتنفيذ التجربة مرّةً واحدةً، وعلى بُعد أقلّ من ميل، كتب غاليليو:

> لستُ قادراً على التحقّق بالتأكيد إنْ كان ظهور ضوء الشعلة الثاني في اللّحظة نفسها تماماً؛ لكنْ إنْ لم يكن لحظيّاً، فهو حتماً سريع، ويجب أن أدعوه خاطفاً. (ص43)

في الواقع، كان استنتاج غاليليو صحيحاً، لكنّه كان يقف قريباً جدّاً من مساعده عند مرور شعاع الضوء، وكذلك استعمل الساعات غير الدقيقة التي كانت في أيّامه.

بعد عدّة عقودٍ، قام عالم الفلك الدنماركيّ أوْل رومِر بتقليص هذا التأمّل؛ بقيامه بمراقبة مدار آيو، القمر الداخليّ للمشتري (ذي المدار الأقرب)، ومنذ كانون الثاني من عام 1610، عندما رصد غاليليو بتلسكوبه الجديد لأوّل مرّةٍ أقمار المشتري الأربعة الكبيرة واللّامعة، لم يتوقّف علماء الفلك عن تعقّب مسارات هذه الأقمار حول كوكبها الكبير، وبالنسبة إلى آيو، أظهرت سنواتٌ من المراقبة المدّة الزمنيّة المتوسّطة لدورانه حول الكوكب مرّةً واحدةً؛ وذلك بحسابٍ بسيطٍ للمدّة الزمنيّة منذ اختفاء القمر حول الكوكب حتّى ظهوره التالي، ثمّ اختفائه مجدّداً، وكانت قرابة 42.5 ساعة. ما لَحظه رومِر، هو أنّ آيو يختفي قبل 11 دقيقةً عندما تكون الأرض في أقرب نقطةٍ إلى المشتري، وأنّه يختفي متأخّراً 11 دقيقةً عندما تكون الأرض في أبعد نقطة عن المشتري.

استنتج رومِر أنّ هذا الفرق في التوقيت لا علاقة له بموقع الأرض بالنسبة إلى المشتري، بل كان متأكّداً من أنّ سببه هو سرعة الضوء، وأنّ مدّة 22 دقيقةً تتطابق مع الزمن الذي يحتاج إليه الضوء ليقطع قطر مدار الأرض (لأنّ هذا الفرق حدث بين نقطتين من مدار الأرض: النقطة الأقرب، والنقطة الأبعد عن المشتري). من هذا الافتراض، توصّل رومِر إلى أنّ سرعة الضوء

(1) *Dialogues Concerning Two New Sciences,* By Galileo Galilei.

130,000 ميلاً في الثانية، وكان هذا في حدود 30% من الجواب الصحيح، وليس سيّئاً بالنسبة إلى المحاولة الأولى، وأكثر دقّةً من عبارة غاليليو: «إنْ لم يكن لحظيّاً...».

أسقط جيمس برادلي -وهو العالِم الفلكيّ الملكيّ الثالث لبريطانيا العظمى- الشكوك كلّها حول أنّ سرعة الضوء محدودة، وفي عام 1725، قام برادلي بمراقبةٍ منهجيّةٍ للنجم غاما التنِّين، ولَحظ انتقالاً موسمياً في موقع النجم في السماء، واستغرق الأمر منه ثلاث سنوات ليكتشف ذلك، لكنّه في النهاية استنتج أنّ سبب الانتقال هو تضافر الحركة المستمرّة لمدار الأرض مع السرعة المحدّدة للضوء، وبذلك اكتشف برادلي ما يُعرف اليوم بانحراف الضوء النجميّ.

تخيّل هذا المثال المشابه: يوم ممطر، وأنت تجلس في سيّارةٍ عالقةٍ في زحامٍ مروريّ، وتشعر بالملل؛ لذلك تمسك أنبوباً وتخرجه من النافذة لتلتقط حبّات المطر، إنْ لم يكن هناك رياح، ستسقط حبّات المطر عموديّاً؛ ولجمع أكبر كميّةٍ ممكنةٍ من الماء، ستمسك الأنبوب عموديّاً، وستدخل قطرات المطر في فوهة الأنبوب وستسقط مباشرةً إلى قاعه.

أخيراً، يتحرك السير، وتتحرك سيّارتك بسرعةٍ مجدّداً؛ تعرف من خلال التجربة أنّ قطرات المطر ستسقط الآن بزاوية ميلٍ على نافذة سيّارتك الجانبيّة، ولكي تلتقط القطرات بكفاءةٍ، عليك أن تمسك أنبوب الاختبار بزاوية ميلٍ تطابق زاوية ميل قطرات المطر المتساقطة، وبازدياد سرعة السيّارة ستزداد زاوية الميل.

في هذا التشبيه، كوكب الأرض المتحرك هو السيّارة المتحرّكة، والتلسكوب هو أنبوب الاختبار، وضوء النجوم؛ لأنّ الضوء لا ينتقل لحظيّاً، يمكن تشبيهه بقطرات المطر، إذنْ، لالتقاط ضوء نجمٍ ما، عليك أن تعدِّل زاوية التلسكوب، وأن توجّهه إلى نقطةٍ ذات اختلافٍ طفيفٍ عن موقع النجم الفعليّ في السماء. ربّما تبدو ملحوظة برادلي غامضةً قليلاً، لكنّه أوّل من أكّد- بتجربةٍ مباشرةٍ، وليس باستنتاجٍ- فكرتين فلكيّتين رئيستين: سرعة الضوء محدودة، والأرض تدور في مدارٍ حول الشمس، كما أنّه قدَّم مساهمةً في تحسين تحديد قيمة سرعة الضوء المُقاسة، بتوصُّله إلى قيمة 187,000 ميل في الثانية.

بحلول القرن التاسع عشر، كان الفيزيائيّون متأكّدين تماماً من أنّ الضوء، مثل الصوت؛ ينتشر على شكل أمواجٍ، وافترضوا أنّه كما تحتاج الأمواج الصوتيّة إلى وسيطٍ (كالهواء مثلاً) لتهتزّ فيه، فالأمواج الضوئيّة تحتاج أيضاً إلى وسيط. كيف يمكن بغير ذلك أن تنتقل موجةٌ في فراغ الفضاء؟ سُمِّي هذا الوسيط الغامض باسْم «الأثير المُضيء»، وقام الفيزيائيّ ألبرت إيه. مايكلسون، بالتعاون مع الكيميائيّ إدوارد دبليو مورلي، بمهمّة اكتشافه.

في وقتٍ سابق، اخترع مايكلسون جهازاً يُعرف باسْم مقياس التداخل: يقوم هذا الجهاز بتقسيم الحزمة الضوئيّة، ويُرسل القسمين بزاويةٍ قائمةٍ، ويصطدم كلّ جزءٍ بمرآةٍ، ويعود إلى المصدر الذي يقوم بجمع الجزأين وتحليلهما. تمكّننا دقّة مقياس التداخل من إجراء قياساتٍ دقيقةٍ للغاية لأيّة اختلافاتٍ في سرعات شعاعَيْ الضوء؛ أي: إنّه الجهاز المثاليّ للكشف عن الأثير. اعتقد مايكلسون ومورلي أنّهما إذا قاما بإرسال إحدى الحزمتين باتّجاهٍ محاذٍ لحركة الأرض، والأُخرى باتّجاهٍ عرضيٍّ، فإنّ سرعة الحزمة الأولى ستضاف إلى سرعة حركة الأرض عبْر الأثير، بينما ستبقى سرعة الحزمة الثانية بالسرعة نفسها من دون أيّة إضافة.

بعد القيام بهذه التجربة، تبيّن للعالِمَين: إم & إم أنّه لا يوجد أيّ فرق؛ لم يؤثّر الاختلاف في اتّجاه الحزمتين الضوئيّتين في سرعة أيٍّ منهما؛ حيث ارتدّا إلى المصدر في الوقت نفسه تماماً؛ أي: إنّ سرعة الأرض في الأثير لم يكن لها أيّ تأثيرٍ يمكن قياسه على سرعة الضوء. كان ذلك محرجاً، بما أنّه من المفترض أنّ الأثير هو الوسط الناقل للضوء، ولكنْ لا يمكن اكتشافه، فربّما لم يكن للأثير وجود على الإطلاق؛ اتّضح -إذنْ- أنّ الضوء ناشرٌ ذاتيٌّ لنفسه: فلم تكن هناك حاجةٌ إلى وسطٍ ناقلٍ، ولا إلى سحرٍ ما لينتقل الشعاع الضوئيّ في الفراغ، وهكذا، مع سرعة الاقتراب من تحديد سرعة الضوء، دخلت فكرة الأثير المُضيء مقبرة الأفكار العلميّة.

أمّا مايكلسون، فقد قام أيضاً ببراعته العلميّة بتحسين القيمة المحدّدة لسرعة الضوء إلى 186,400 ميل في الثانية.

في بداية عام 1905، تقدّم البحث كثيراً، وعلى نحوٍ إيجابيٍّ، في سلوك الضوء، وفي تلك السنة، نشر أينشتاين نظريّة النسبيّة الخاصّة، التي نقلت تجربة مايكلسون ومورلي إلى مستوى أكثر جرأةً، فأعلن أينشتاين أنّ سرعة الضوء في الفضاء الفارغ ثابتٌ كونيٌّ، بصرف النظر عن المصدر الباعث للضوء، أو الشخص الذي يقوم بالقياس.

ماذا لو كان أينشتاين محقّاً؟ مثلاً: إذا كنت مسافراً في مركبةٍ فضائيّةٍ بسرعةٍ تبلغ نصف سرعة الضوء، وأطلقت شعاعاً ضوئيّاً أمام المركبة الفضائيّة، وقمت أنا، أو أنت، أو أيّ شخصٍ في الكون كلّه بقياس سرعة هذا الشعاع، فسيكون الجواب 186282 ميلاً في الثانية، وهو سرعة الضوء الثابتة مهما كان المصدر، وليس هذا فقط، بل إذا أطلقت شعاعاً ضوئيّاً وراء المركبة، أو إلى جانبها، أو في أيّ اتّجاهٍ، ستبقى سرعة الشعاع الضوئيّ هي نفسها.

غريب!

يقول الحِسُّ المنطقيُّ أنّك إذا أطلقت رصاصةً إلى الأمام، وأنت تقف في مقدّمة قطارٍ

متحرّكٍ، فإنّ سرعة الرصاصة تساوي سرعتها عند الانطلاق من المسدّس مضافاً إليها سرعة القطار، وإذا أطلقت الرصاصة إلى الخلف، وأنت تقف في مؤخّرة القطار، فإنّ سرعة الرصاصة هي سرعة انطلاقها مطروحاً منها سرعة القطار؛ ذلك كلّه صحيح بالنسبة إلى الرصاصة، لكنْ ليس بالنسبة إلى الضوء، حسْب أينشتاين.

كان أينشتاين محقّاً بالطبع، وكانت التداعيات تكبر؛ إذا كانت قياسات الجميع، وفي كلّ مكانٍ، وفي أيّ زمنٍ، لسرعة الشعاع الضوئيّ المنبعث من مركبتك الفضائيّة هي نفسها، فإنّ ذلك يعني مجموعةً من الأمور: أوّلاً: مع تزايد سرعة مركبتك، فإنّ طول كلّ شيءٍ، بمن فيهم أنت، وأدواتك التي تقيس بها، ومركبتك الفضائيّة- ستقصر باتّجاه حركتك، وذلك بالنسبة إلى أيّ مراقبٍ خارجيٍّ، وأكثر من ذلك، سيتباطأ زمنك أيضاً؛ إنّ هذا لمؤامرةٌ كونيّةٌ كبرى!

ظهرت طرائقُ محسّنةٌ للقياس أضافت منازل عشريّة جديدة للقيمة المحدّدة لسرعة الضوء. في الواقع، تحسّن أداء الفيزيائيّين في هذه اللّعبة إلى أن انسحبوا منها أخيراً.

تدمج وحدات السرعة دائماً بين وحدتَي: الطول، والزمن، مثل: 50 ميلاً في الساعة، أو 800 ميل في الثانية. عندما بدأ أينشتاين العمل على نظريّة النسبيّة الخاصّة، كان تعريف الثانية منسجماً مع السياق، لكنّ تعريف المتر كان ركيكاً، ولنعرف القيمة المحدّدة للمتر يجب أن نعرف أنّه في عام 1791 حُدِّدَ المتر على أنّه واحدٌ من عشرة ملايين جزءٍ من المسافة بين القطب الشماليّ وخطّ الاستواء على طول خطّ الطول الذي يمرّ من باريس، وبعد بذل جهودٍ في هذا العمل، في عام 1889، أُعيد تحديد المتر على أنّه طول قطعةٍ مصنوعةٍ من سبيكة البلاتينيوم والإيريديوم محفوظةٍ في المكتب الدوليّ للأوزان والقياسات في سيفر في فرنسا، ومُقاسة في درجة حرارة انصهار الجليد، وفي عام 1960، ارتفعت سويّة تحديد دقّة المتر مجدّداً، وازداد الضبط أكثر: المتر هو 1,650,763.73 ضعف طول موجة الضوء في الفراغ، المنبعثة من عمليّة الانتقال بين مستويَي الطاقة الذريّة ($2p10$ إلى $5d$ 5) في ذرّةٍ نظير الكريبتون-86. واضح، أليس كذلك!

في نهاية المطاف، ومع المزيد من الأبحاث، تبيّن للمهتمّين بالموضوع جميعهم أنّه من الممكن تحديد سرعة الضوء بدقّةٍ أكبر بكثير من طول المتر؛ لذا في عام 1983 قرّر المؤتمر العام للأوزان والمقاييس تحديد -وليس قياس، بل تحديد- سرعة الضوء بالقيمة الأحدث والأفضل: 299,792,458 متراً في الثانية، وبكلماتٍ أُخرى، حُدِّدَ المتر باستخدام وحدة سرعة الضوء، ما حوّل المتر إلى 1 من 299,792,458 من المسافة التي يقطعها الضوء في ثانيةٍ واحدةٍ

في الفراغ، وبذلك، فإنّ أيّ شخصٍ يقوم في المستقبل بقياس سرعة الضوء بدقّةٍ أكبر من دقّة قيمته المحدّدة عام 1983، فإنّه سيضبط قيمة المتر، وليس سرعة الضوء نفسه.

لا داعي للقلق من ذلك؛ فأيّة تحسيناتٍ في تحديد سرعة الضوء، وعلى ذلك، قيمة المتر، ستكون أصغر من أن تُلحظ في المسطرة التي تأخذها إلى المدرسة، وإنْ كنت شابّاً أوروبيّاً متوسّطاً، سيبقى طولك أقلّ من 1.8 متر، وإنْ كنت أمريكيّاً، فستجتاز المسافة نفسها التي يوفرها خزّان الوقود في سيّارتك.

ربّما كانت سرعة الضوء مقدّسةً في الفيزياء الفلكيّة، لكنّها ليست ثابتةً في الأوساط كلّها كما هي ثابتةٌ في الفراغ، مثلاً: في الموادّ الشفّافة جميعها: الهواء، والماء، والزجاج، وخاصّةً الألماس؛ ينتقل الضوء ببطءٍ أكثر منه في الفراغ.

لكنّنا نقول: إنّ سرعة الضوء ثابتةٌ في الفراغ، ولكي تكون كميّةٌ ما ثابتةٌ بالفعل، يجب أن تبقى بدون تغيّرٍ، بصرف النظر عن كيفيّة قياسها، وزمن القياس، ومكانه، وسببه. لا يضمن شرط سرعة الضوء أيّ شيءٍ، وفي الأعوام القليلة الماضية، بحثوا في دلائل تثبت حدوث تغييرٍ منذ 13.7 مليار سنة؛ أي: منذ حدوث الانفجار العظيم، وعلى نحوٍ خاصٍّ، قيسَ ما يُسمّى «ثابت البُنية الدقيقة»: وهو مزيجٌ من الثوابت الفيزيائيّة، مثل: سرعة الضوء في الفراغ، وثابت بلانك، و باي π، وشحنة الإلكترون.

ثابت البُنية الدقيقة هو ثابتٌ مُشتقٌّ، يقيس التحوّلات الصغيرة في مستويات الطاقة للذرّات، التي تؤثّر على أطياف النجوم والمجرّات، وبما أنّ الكون آلةٌ زمنيّةٌ عملاقةٌ؛ حيث يمكننا أنْ نرى الماضي البعيد من خلال النظر إلى الأجسام البعيدة، فإنّ أيّ تغيّرٍ في قيمة ثابت البُنية الدقيقة مع مرور الوقت سيكشف عن نفسه في عمليّات رصد الكون، ولأسبابٍ تبدو مقنعةً، لا يتوقّع الفيزيائيّون اكتشاف تباينٍ في ثابت بلانك، أو شحنة الإلكترون، ولا بدّ من أنّ باي π سيحافظ على قيمته، ما لا يترك سوى سرعة الضوء لنبحث فيها عن اختلاف (في حال حدث) مع مرور الزمن.

تقوم إحدى الطرائق التي يقيس فيها علماء الفيزياء الفلكيّة عُمْر الكون على افتراض أنّ سرعة الضوء كانت دائماً كما هي؛ لذا فإنّ أيّ اختلافٍ في سرعة الضوء لن يكون مجرّد أمرٍ عابرٍ، لكنْ في كانون الثاني عام 2006، أظهرت قياسات الفيزيائيّين أنّه لا يوجد أيّ دليلٍ على حدوث تغيّرٍ في ثابت البُنية الدقيقة عبْر الزمن، أو عبْر الفضاء؛ أي: إنّ سرعة الضوء لم تتغيّر مع مرور الزمن.

- 13 -

أن تنطلق كصاروخ![1]

في الألعاب الرياضيّة جميعها التي تستخدم الكُرات، تصبح الكُرات مقذوفاتٍ في أوقاتٍ ما في أثناء اللّعبة، سواء كنت تلعب البيسبول أم الكراكيت، أو كرة القدم، أو الغولف، أو التنس، أو كرة الماء، تُرمى الكرة، أو تُضرب، أو تُركل، لتنتقل في الجوّ قبل أن تعود إلى الأرض.

تؤثّر مقاومة الهواء على مسارات هذه الكُرات كلّها، لكنْ بصرف النظر عن السبب الذي دفعها إلى الحركة، أو المكان الذي تهبط فيه، فإنّ مساراتها الأساسيّة موصوفةٌ في معادلةٍ بسيطةٍ يمكنك إيجادها في كتاب نيوتن «المبادئ»، كتابه الأساسيّ عن الحركة والجاذبيّة، وبعد عدّة سنواتٍ، شرح نيوتن اكتشافاته للقارئ العاديّ باللّغة اللاتينيّة في كتابه «نظام العالَم[2]»، الذي يتضمّن وصفاً لما يحدث في حال ألقيت حجَريْن أفقيّاً بسرعتين مختلفتين، يشير نيوتن أوّلاً إلى ما هو واضح: أنّ الحجر المُلقى بسرعةٍ أكبر سيقع أبعد عنك؛ أي: عن نقطة الإطلاق، وكلّما ازدادت السرعة ستزداد المسافة حتّى نصل إلى ما وراء الأفق، ثمّ استنتج أنّه إذا كانت السرعة كبيرةً بما فيه الكفاية، فإنّ الحجر سيتمكّن من الالتفاف حول محيط الأرض بالكامل، ولن يصطدم بالأرض على الإطلاق، وسيعود إليك ليصطدم برأسك من الخلف، فإذا ابتعدت عن مسار الحجر في تلك اللّحظة، فإنّه سيستمرّ بالدوران حول الأرض إلى الأبد فيما يُدعى «المدار»؛ لا يمكن أن يصل الجسم المقذوف إلى أكثر من ذلك.

تبلغ السرعة اللّازمة لتحقيق المدار الأرضيّ المنخفض (الذي يُدعى اختصاراً LEO) أقلّ

---

(1) يحمل العنوان في اللّغة الإنجليزيّة معنىً عاميّاً هو: «أن تفقد صوابك»، حيث استعمل المؤلّف المعنيّين كليهما في سياق الفصل. (م).

(2) *The System of the World*, By Isaac Newton.

قليلاً من 18,000 ميل في الساعة، ليكون زمن الدورة الكاملة قرابة ساعة ونصف جانبيّاً. لو أنّ سبوتنيك1 أوّل قمرٍ صناعيٍّ، أو يوري غاغارين أوّل إنسانٍ سافر إلى ما وراء الغلاف الجويّ الأرضيّ، لما وصلا إلى هذه السرعة بعد الإطلاق، ولعادا إلى الأرض من دون أن يتمكّنا من إكمال الطوافِ الدائري.

أظهر نيوتن أيضاً أنّ الجاذبيّة التي يمارسها أيّ جسمٍ كرويٍّ، تعمل كأنّ كتلة الجسم كلّها مركّزةٌ في مركزه، وبالفعل فإنّ أيّ شيءٍ يُقذف بين شخصين على سطح الأرض هو أيضاً في مدار، إلّا أنّ مساره يتقاطع مع الأرض؛ كان هذا صحيحاً في رحلة آلان بي شيبارد على متن المركبة الفضائيّة ميركوري فريدوم7 عام 1961، كما هو في لعبة الغولف مع اللّاعب تايغر وودز، وسيكون صحيحاً في ضربة بيسبول احترافيّة يقوم بها أليكس رودريغيز، أو في كرةٍ يرميها طفل: جميعهم نفَّذوا ما يُعرف بالمسارات ما دون المداريّة. لو لم يكن سطح الأرض يعترض طريقهم، لنفَّذت هذه الأجسام كلّها مداراتٍ كاملةً، وإن كانت ممتدّةً حول مركز الأرض، وعلى الرغم من أنّ قانون الجاذبيّة لا يميّز بين هذه المسارات، إلّا أنّ وكالة ناسا تفعل، ولأنّ رحلة شيبارد كانت خاليةً تقريباً من مقاومة الهواء؛ لأنّها وصلت إلى ارتفاعٍ يفوق الغلاف الجويّ، ولهذا السبب وحده منحته وسائل الإعلام لقب أوّل مسافرٍ أمريكيٍّ في الفضاء.

المسارات دون المداريّة هي المسارات المفضّلة للقذائف الصاروخيّة (البالستيّة)، ومثل القنبلة اليدويّة التي تتّجه في مسارٍ مقوّس الشكل إلى هدفها بعد إلقائها، تطير الصواريخ البالستيّة تحت تأثير الجاذبيّة فقط بعد إطلاقها، وتنتقل أسلحة الدمار الشامل هذه بسرعةٍ تفوق سرعة الصوت، وهي سرعةٌ تكفي لاجتياز نصف محيط الكرة الأرضيّة في 45 دقيقةً قبل أنْ تعود إلى سطح الأرض مرّةً أخرى بسرعة آلاف الأميال في الساعة، وإذا كان الصاروخ الباليستيّ ثقيلاً إلى درجةٍ كافيةٍ، فبإمكانه أن يتسبّب بإلحاق الكثير من الأذى بمجرّد سقوطه من السماء واصطدامه بالأرض حتّى بدون الحاجة إلى القنبلة التي يحملها في مقدّمته.

كان أوّل صاروخٍ باليستيٍّ في العالم هو الصاروخ V-2، الذي قام بتصميمه فريقٌ من العلماء الألمان تحت قيادة فيرنر فون براون، واستخدمه النازيّون خلال الحرب العالميّة الثانية ضدّ إنجلترا على نحوٍ رئيسٍ، وكأوّل جسمٍ يُطلق فوق الغلاف الجويّ للأرض، ألْهمَ شكل الصاروخ V-2 الذي يشبه الرصاصة الكبيرة (يرمز الحرف V إلى اسمه Vergeltungswaffen التي تعني: «سلاح الانتقام») جيلاً كاملاً من الرسوم التخيُّليّة لمركبات الفضاء، وبعد الاستسلام لقوّات الحلفاء، أُحضرَ فون براون إلى الولايات المتّحدة؛ حيث قام في عام 1958 بتوجيه إطلاق أوّل قمرٍ صناعيٍّ

أمريكيّ إكسبلورر1، وبعد ذلك بوقتٍ قصيرٍ، نُقل إلى الإدارة الوطنيّة للملاحة الجويّة والفضاء المنشأة حديثاً، وهناك قام بتطوير الصاروخ ساتورن5، أقوى صاروخ على الإطلاق، جاعلاً تحقيق الحلم الأمريكيّ بالهبوط على سطح القمر ممكناً.

بينما تدور مئات الأقمار الصناعيّة حول الأرض، تدور الأرض نفسها حول الشمس، وفي أعظم ما أبدعه نيكولاس كوبرنيكوس، وهو كتابه « دوران الأجرام السماويّة» عام 1543، قال: إنّ الشمس تقع في مركز الكون، وأكّد أنّ الأرض إضافةً إلى الكواكب الخمسة المعروفة: عطارد، والزهرة، والمرّيخ، والمشتري، وزُحل؛ تدور في مداراتٍ دائريّةٍ حولها، ولم يكن كوبرنيكوس يعرف أنّ الدائرة شكلٌ نادرٌ للغاية بالنسبة إلى المدارات، ولا تصف شكل مسار أيّ كوكبٍ في النظام الشمسيّ، وكان من استنبط الشكل الفعليّ لمدارات الكواكب هو عالِم الرياضيّات والفلكيّ الألمانيّ يوهانس كِبلر، الذي نشر نتائج حساباته عام 1609، وكان أوّل قانونٍ وضعه من قوانين الحركة الكوكبيّة هو أنّ الكواكب تدور حول الشمس في مداراتٍ بشكل قطوعٍ ناقصة، والقطع الناقص هو دائرةٌ مفلطحةٌ، يُشار إلى درجة تفلطحها بمقدارٍ عدديٍّ يُدعى «الاختلاف، أو التباعد المركزي» واختصاره e؛ إذا كانت قيمة e تساوي الصفر، فسنحصل على دائرةٍ مثاليّةٍ، ومع زيادة e من الصفر إلى 1، يصبح القطع الناقص أكثر استطالة.

بالتأكيد، كلّما ازداد التباعد المركزيّ ازداد احتمال أن تتقاطع المدارات، وعلى سبيل المثال: تسير المذنبّات التي تغوص في النظام الشمسيّ قادمةً من الفضاء الخارجيّ في مداراتٍ ذات تباعدٍ مركزيٍّ كبيرٍ، في حين أنّ مدارات الأرض والزهرة تشبهان الدوائر كثيراً، ولكلٍّ منهما تباعد مركزيّ قليل. أكثر مدارٍ متطاولٍ بين الكواكب هو مدار بلوتو (بافتراضه كوكباً)، وفي كلّ مرّةٍ يدور فيها حول الشمس، فإنّه يعبُر مدار نبتون، ويتصرّف بغرابةٍ كأنّه مُذنّب.

المثال الأكثر شهرةً للمدار المتطاول هي الحالة الشهيرة لنفقٍ يُحفر من الولايات المتّحدة حتّى الصين. بخلاف توقّعات المواطنين الأمريكيّين غير المطّلعين على الجغرافيا جيّداً، فإنّ الصين ليست في الاتّجاه «المقابل» للولايات المتّحدة على الأرض. يجب أن يمرّ المسار المستقيم الذي يصل بين نقطتين متعاكستين على سطح الأرض عبْر مركز الأرض. إذنْ، ما هو الاتّجاه المقابل للولايات المتّحدة؟ إنّه المحيط الهندي، ولتجنُّب أنْ نظهر في الجهة المقابلة تحت مياهٍ بعمق ميلَيْن، نحتاج إلى بعض المعلومات الجغرافيّة لنعرف أنّ علينا الحفر من شيلبي في ولاية مونتانا، وعبر مركز الأرض، لنخرج في جزر كيرغولين المنعزلة.

بعد إتمام الحفر، يأتي الجزء الممتع من الأمر: القفز في الحفرة، وعندما تقفز ستتسارع

باستمرارٍ في حالة سقوطٍ حُرٍّ حتّى تصل إلى مركز الأرض؛ حيث تتبخّر في حرارةٍ قاسيةٍ كما في فرنٍ لصهْر الحديد، لكنْ دعونا نتجاهل أمر الحرارة، ستتجاوز المركز بسرعة؛ حيث تكون قوّة الجاذبيّة معدومةً، ثمّ تبدأ بالصعود بتباطؤٍ منتظمٍ حتّى تصل إلى الجانب الآخر، وعندها تكون وصلت إلى السرعة صفر، لكنْ إنْ لم يمسك بك أحد الكيرغوليّين على الطرف الآخر، ستسقط في الحفرة مجدّداً، وستكرّر الرحلة إلى أجلٍ غير مسمّى، وإضافةً إلى أنّك ستثير مشاعر الغيرة لدى قافزي البنجي، فإنّك في هذه الرحلة تصنع مداراً حقيقيّاً أيضاً، وستستغرق هذه الرحلة قرابة ساعةٍ ونصف، مثل مكّوك الفضاء تماماً.

هناك بعض المدارات ذات اختلافٍ مركزيٍّ كبيرٍ للغاية، إلى درجة أنّها لا تعيد الدوران في المسار نفسه، وعندما تصل قيمة الاختلاف المركزيّ إلى 1، يكون لديك قطعٌ مكافئٌ، وبازدياد الاختلاف المركزيّ أكثر من ذلك، يصبح لدينا قطعٌ زائد، ولتتصوّر هذه الأشكال، قُمْ بتوجيه مصباحٍ يدويٍّ مباشرةً إلى حائطٍ قريبٍ، وسيشكّل مخروط الضوء دائرةً على الحائط، وإذا قمت بحَرفِ المصباح تدريجيّاً نحو الأعلى، ستستطيل الدائرة لتعطي قطعاً ناقصاً يتزايد اختلافه المركزيّ مع ازدياد انحراف المصباح، وعندما يتّجه المصباح اليدويّ إلى الأعلى تماماً، يأخذ الضوء الذي يسقط على الجدار شكل قطعٍ مكافئٍ، وإذا حرفتَ المصباح الآن نحوك قليلاً، بالاتّجاه المعاكس للجدار، سيأخذ الضوء شكل قطعٍ زائد. (لديك الآن تسليةٌ جديدةٌ مع المصباح اليدويّ يمكنك القيام بها عندما تذهب للتخييم في المرّة القادمة). أيّ جسمٍ يتحرك في مسار قطعٍ مكافئٍ، أو قطعٍ زائدٍ، يتحرّك بسرعةٍ كبيرةٍ؛ حيث لا يعود مرّةً أُخرى في المدار نفسه أبداً، وعندما يكتشف علماء الفيزياء الفلكيّة مذنّباً ذا مسارٍ مماثلٍ، يعلمون على الفور أنّه أتى من أعماق الفضاء البينجميّ[1]، وهو يقوم بجولةٍ لمرّةٍ واحدةٍ في النظام الشمسيّ الداخليّ.

تصف الجاذبيّة حسب نيوتن قوّة الانجذاب بين أيّ جسمين في الكون، بصرف النظر عن مكانيهما، أو حجميهما، أو المادّة التي صُنع منها كلٌّ منهما، مثلاً: يمكنك استعمال قانون نيوتن لحساب السلوك الماضي والمستقبلي لنظام الأرض-القمر، لكنّ إضافة جسمٍ ثالثٍ (مصدرٍ ثالثٍ للجاذبيّة) ستؤدّي إلى تعقُّد حركة النظام بشدّة، وتُنتِج هذه المشكلة -التي تُعرف باسْم مسألة الأجسام الثلاثة- مساراتٍ غنيّةً ومتنوّعةً يتطلّب تحديدها استعمال جهاز حاسوبٍ عموماً.

تستحقّ بعض الحلول الذكيّة المُقترحة لهذه المشكلة بعض الاهتمام؛ ففي إحدى الحالات، التي تُدعى مشكلة الأجسام الثلاثة المحدودة، يجري تبسيط الأمور بافتراض أنّ كتلة الجسم

(1) الفضاء البينجمي: وهو نحتٌ لكلمة بين نجمي Interstellar. (م).

الثالث صغيرةٌ جدّاً مقارنةً بكتلتيّ الجسمين الآخرين بحيث يمكن تجاهلها في المعادلات، ويمكننا باستعمال هذا الافتراض تعقُّبُ حركات الأجسام الثلاثة في النظام على نحوٍ موثوق، ولا يكون هناك غشٌّ في هذه الحالة، فهناك العديد من الأوضاع المماثلة لها في الكون الحقيقيّ، مثلاً: نظام الشمس، والمشتري، وأحد أقمار المشتري الصغيرة جدّاً بالنسبة إليهما، وفي مثالٍ آخر من النظام الشمسيّ: تتحرّك مجموعةٌ كاملةٌ من الصخور في مداراتٍ مستقرّةٍ حول الشمس، على بُعد نصف مليار ميل إلى أعلى كوكب المشتري ووراءه؛ هذه المجموعة هي كويكبات طروادة (التي تحدّثنا عنها في القسم 2) حيث أُحتجزت بجاذبيّة المشتري والشمس.

في السنوات الأخيرة، كُشِفَ عن حالةٍ خاصّةٍ أُخرى من مسألة الأجسام الثلاثة، وفيها يكون للأجسام الثلاثة الكتلة نفسها، ويدورون مع بعضهم بترادفٍ، جنباً إلى جنبٍ، في مسارٍ على شكل رقم 8 في الفضاء، وبخلاف مضامير سيّارات السباق؛ حيث يذهب الناس لمشاهدة السيّارات تصطدم ببعضها عند نقطة تقاطع المدار، فإنّ للأجرام المشاركة في هذه الحلبة مصيراً أفضل؛ إذْ لا تصطدم ببعضها، وتفرض قوى الجاذبيّة في هذه الحالة «التوازن» في الأوقات كلّها عند نقاط التقاطع، وبخلاف مسألة الأجسام الثلاثة العامّة أيضاً، في هذه الحالة الخاصّة تحدث حركة الأجسام الثلاثة في مستوى واحد. مع الأسف، هذه الحالة الخاصّة غريبةٌ جدّاً، ونادرةٌ للغاية، إلى درجة أنّه ربّما لا يوجد مثالٌ عليها بين مئات مليارات النجوم في مجرّتنا، وربّما كان عدد الأمثلة عليها قليلٌ في الكون بأكمله؛ أي: ربّما كان المدار ذو الشكل 8 لثلاثة أجسام فضولاً رياضيّاً لا صلة له بالفيزياء الفلكيّة.

إلى جانب حالةٍ، أو حالتين لا يحدث فيهما ضررٌ، يوجد حالاتٌ أُخرى يؤدّي فيها التفاعل بين قوى الجاذبيّة لأجسامٍ ثلاثة، أو أكثر، إلى أوضاعٍ جنونيّةٍ لمساراتها، ولنعرف كيف يحدث ذلك، يمكن محاكاة قوانين نيوتن للحركة والجاذبيّة على الحاسوب عن طريق الدفع البسيط لكلّ جسمٍ وفقاً لقوّة الجذب بينه وبين كلّ جسمٍ آخر في المعادلة التي نجرّبها، وإعادة حساب القوى كلّها، وإعادة العمليّة مجدّداً. هذه العمليّة ليست بسيطةً؛ النظام الشمسيّ كلّه عبارة عن مسألةٍ متعدّدة الأجسام، مع الكويكبات، والأقمار، والكواكب، والشمس، التي تشكّل مع بعضها حالةً مستمرّةً من الجذب المتبادل. كان قلق نيوتن كبيراً حول هذا الموضوع، ولم يتمكّن من حلّه باستخدام قلمٍ وورقة؛ ولأنّه خاف من أن يكون النظام الشمسيّ بأكمله غير مستقرٍّ، وأنّ الكواكب ستقع في النهاية في الشمس، أو ستطير إلى الفضاء بين النجوم، افترض نيوتن -كما سنرى في القسم 9- أنّ الإله يتدخّل بين الحين والآخر ليضع الأمور في نصابها الصحيح.

قدّم بيير سيمون لابلاس بعد مضي قرن من الزمن حلاً لمشكلة النظام الشمسي متعدد

الأجسام، في عمله العظيم كتاب «ميكانيكا الأجرام السماوية[1]». وللقيام بذلك، كان عليه أن يطور شكلاً جديداً من الرياضيات يُعرف باسم «نظرية الاضطراب». يبدأ تحليل لابلاس بافتراض أن هناك مصدراً رئيسياً واحداً للجاذبية بين الأجسام، وأن جميع قوى الجاذبية الأخرى طفيفة، وإن كانت مستمرة الوجود، وهو الوضع في نظامنا الشمسي تماماً، وبعد ذلك أثبت لابلاس تحليلياً أنّ النظام الشمسيّ مستقرٌ بالفعل، وأنّه لا حاجة إلى قوانين فيزيائيّة جديدة لإظهار ذلك.

هل هو كذلك بالفعل؟ كما سنرى لاحقاً في القسم 6، يوضّح التحليل الحديث أنّه خلال المراحل الممتدّة لمئات الملايين من السنين، وهي مراحلُ أطول ممّا أخذه لابلاس في الاعتبار، تظهر المدارات الكوكبيّة فوضى في مساراتها، ويمثّل هذا وضعاً يجعل من عطارد عُرضةً للسقوط في الشمس، وبلوتو في خطر الانفلات من النظام الشمسيّ نهائيّاً، والأسوأ من ذلك، أنّ النظام الشمسيّ ربّما وُلد بعشرات الكواكب الأخرى، ومعظمها فُقِدت منذ مدّةٍ طويلةٍ في الفضاء البينجمي.

وهذه المعرفة كلّها التي توصّلنا إليها بدأت بمدارات كوبرنيكوس الدائريّة البسيطة.

في كلّ مرّةٍ تُقذف فيها كصاروخ، ستكون في سقوطٍ حُرّ. أحجار نيوتن جميعها في تجربته التي ذكرناها سابقاً كانت في سقوطٍ حُرٍّ نحو الأرض، وكان الحجر المُتخيّل الذي دار في مدارٍ حول الأرض في سقوطٍ حُرٍّ أيضاً باتّجاه الأرض، لكنّ انحناء سطح كوكبنا كان بمعدّل سقوطه نفسه تماماً، وذلك نتيجة الحركة الجانبيّة غير العاديّة للحجر. محطّة الفضاء الدوليّة التي تدور حول الأرض هي أيضاً في حالة سقوطٍ حُرٍّ نحو الأرض، وكذلك القمر، ومثل أحجار نيوتن، تتمتّع هذه الأجسام جميعها بحركةٍ جانبيّةٍ هائلةٍ تمنع سقوطهم نحو الأرض. بالنسبة إلى تلك الأجسام، وكذلك إلى مكّوك فضاءٍ، وإلى البدلات الخاصّة بروّاد الفضاء الذي يتحرّكون خارج مركباتهم، وإلى مختلف المعدّات التي يمكن أن توجد في المدار الأرضيّ المنخفض؛ تستغرق رحلةٌ واحدةٌ حول الكوكب 90 دقيقة.

كلّما ارتفعت أكثر، طالت المدّة الزمنيّة المداريّة، وكما ذكرنا سابقاً، تكون المدّة المداريّة على ارتفاع 22,300 ميل هي مدّة دوران الأرض ذاتها حول نفسها. الأقمار الصناعيّة التي تُطلق إلى هذا الارتفاع تكون ثابتةً بالنسبة إلى الأرض؛ أي إنّها تحلّق فوق بقعةٍ واحدةٍ من كوكبنا، ما يتيح التواصل السريع والمستدام بين القارّات، وعلى ارتفاعٍ أعلى بكثير، 240,000 ميل، يدور القمر، الذي يستغرق 27.3 يوماً لإكمال دورةٍ حول الأرض.

(1) *Traité de mécanique celeste*, By Pierre Simon Laplace.

للسقوط الحُرّ ميزةٌ رائعةٌ! وهي انعدام الوزن على متن أيّة مركبةٍ تطير في هذه الحالة. في السقوط الحُرّ تسقط أنت وكلّ شيءٍ حولك بالمعدّل نفسه تماماً، وإذا وقفت على ميزانٍ على أرضيّة مركبةٍ في حالة سقوطٍ حُرٍّ، سيُشير إلى الصفر؛ لأنّه لا شيء يضغط عليه، فأنت والميزان في حالة سقوطٍ حُرٍّ مع المركبة؛ لهذا السبب بالتحديد، وليس لأيّ سببٍ آخر، يكون روّاد الفضاء معدومي الوزن في الفضاء.

لكنْ في اللّحظة التي تتسارع فيها المركبة الفضائيّة، أو تبدأ بالدوران، أو تتأثّر بمقاومة الغلاف الجويّ للأرض، تنتهي حالة السقوط الحُرّ، ويعود وزن روّاد الفضاء. يعرف محبُّو الخيال العلميّ أنّه إذا قمت بتدوير مركبتك الفضائيّة بسرعةٍ مناسبةٍ، أو ضبطت تسارعها بمعدّل سقوط جسمٍ ما نفسه على الأرض، فسوف يظهر وزنك على الميزان صحيحاً، الرقم ذاته الذي تراه على الميزان عند الطبيب؛ لذا، إنْ أراد مهندسو السفن الفضائيّة أن يضيفوا شيئاً طريفاً، فبإمكانهم أن يصمّموا سفينةً فضائيّةً تحاكي الجاذبيّة الأرضيّة حتّى لا نشعر بالملل في أثناء الرحلات الفضائيّة الطويلة.

يوجد تطبيقٌ ذكيٌّ آخر لميكانيكا نيوتن المداريّة، وهو تأثير المقلاع؛ تُطلق وكالات الفضاء أحياناً مسابير فضائيّةً من الأرض تحمل طاقةً قليلةً جدّاً للوصول إلى وجهاتها الكوكبيّة، وعوضاً عن الوقود، يعمد مهندسو المدار إلى توجيه المسبار ببراعةٍ ليتأرجح بالقرب من مصدر جاذبيّةٍ كبيرٍ ومتحرّكٍ، مثل: المشتري. من خلال السقوط باتّجاه المشتري في الاتّجاه نفسه الذي يدور فيه الكوكب، يستمدّ المسبار بعض الطاقة من الكوكب في أثناء تحليقه بالقرب منه، ثمّ ينطلق إلى الأمام، وإذا كانت محاذاة الكوكب صحيحةً، يمكن للمسبار أن يؤدّي الحيلة نفسها بالقرب من زُحل، أو أورانوس، أو نبتون، مستمدّاً المزيد من الطاقة مع كلّ اقترابٍ له من أحد هذه الكواكب، وهذه الدفعات المعزِّزَة ليست صغيرةً؛ بل هي كبيرةٌ بالفعل، ويمكن لدفعةٍ معزّزةٍ واحدةٍ من كوكب المشتري أن تضاعف سرعة المسبار خلال رحلته في النظام الشمسيّ.

النجوم الأسرع حركةً في المجرّة، تلك التي تعطي حركتُها السريعة جدّاً المعنى العاميّ بأنّها «تفقد صوابها وتنطلق كصاروخٍ»، هي النجوم التي تعبُر قُرب الثقب الأسْود الهائل في قلب مجرّة درب التبّانة. الانحدار نحو هذا الثقب الأسْود (أو أيّ ثقبٍ أسود) يمكن أن يسرّع نجماً لسرعاتٍ تقارب سرعة الضوء، ولا يوجد جسمٌ آخر يملك القدرة على ذلك. إذا تأرجح مدار نجمٍ قليلاً إلى جانب فتحة الثقب الأسْود، ما يؤمّن هروباً وشيكاً، سيفلت النجم من ابتلاع الثقب الأسْود له، لكنّ سرعته ستتزايد على نحوٍ جنونيّ. تخيّل الآن بضع مئاتٍ، أو بضعة آلافٍ من النجوم تشارك في هذا النشاط المحموم! ينظر علماء الفيزياء الفلكيّة إلى هذا الجمباز

النجميّ، الذي يمكن اكتشافه في معظم مراكز المجرّات؛ كدليلٍ قاطعٍ على وجود الثقوب السوداء.

أبْعد ما يمكن للعين المجرّدة أنْ تراه هو مجرّة أندروميدا (المرأة المسلسة) الجميلة، وهي أقرب مجرّةٍ حلزونيّةٍ إلينا؛ هذه هي الأخبار الجيّدة؛ أمّا الأخبار السيّئة، فهي أنّ البيانات المتوفّرة جميعها تشير إلى أنّ مجرّتنا ومجرّة أندروميدا في مسار تصادُم، وعندما نصطدم ببعضنا، وبينما نحتضن بعضنا بما فينا كلّه من جاذبيّةٍ، سنصبح حطاماً من النجوم المنكوبة، والسُّحُب الغازيّة المتصادمة؛ عليك أن تنتظر 6، أو 7 مليارات سنة فقط ليحدث ذلك.

على أيّ حال، يمكنك أن تبيع تذاكر لمشاهدة الحدث: المواجهة بين الثقب الأسْود الهائل في مركز أندروميدا وبين الثقب الأسْود الهائل أيضاً في مركز مجرّتنا، حين تفقد المجرّات صوابها.

- 14 -

عن الكثافة



عندما كنت في الصف الخامس، سألني زميلٌ مزعجٌ: «أيّهما أثقل وزناً، طنٌّ من الريش أم طنٌّ من الرصاص؟». لا، لم أُخدع بالسؤال، لكنّني لم أكن أعرف المفهوم الدقيق للكثافة في الحياة، وفي الكون. من الطرق الشائعة لحساب الكثافة، هي بالطبع حساب نسبة كتلة الجسم إلى حجمه، لكنْ توجد أنواعٌ أُخرى من الكثافة، مثل: مقاومة دماغ أحدهم للمنطق السليم، أو عدد الأشخاص لكلّ ميلٍ مربّعٍ يعيشون على جزيرةٍ غريبةٍ مثل مانهاتن.

نطاق الكثافة التي يمكن قياسها في الكون كبيرٌ على نحوٍ مذهلٍ!

نجد أعلى الكثافات داخل النجوم النابضة البولسار «Pulsar»[1]؛ حيث تُرصُّ النيوترونات بإحكامٍ إلى درجة أنّ مقدار كشتبان منها يصل وزنه إلى ما يعادل وزن 50 مليون فيل، وعند مشاهدتك لساحرٍ يقوم بإخفاء أرنبٍ في الهواء، لا يخبرك أحدٌ أنّ هذا «الهواء» يحتوي على أكثر من 10,000,000,000,000,000,000,000,000 (عشرة سيبتيليون) ذرّة في المتر المكعّب الواحد. يمكن لأفضل غرف الفراغ في المختبرات أنْ تحتوي على 10,000,000,000 (عشرة مليارات) ذرّة في المتر المكعّب الواحد، وتنخفض الكثافة في المساحة بين الكواكب إلى

(1) البولسار، أو البولزار، أو النجم النابض: هو نجمٌ نيوترونيٌّ ممغنطٌ دوّار، تكون حقوله المغناطيسيّة قويّةً للغاية، حيث تتسبّب بتسارع الجُسيمات، وإنتاجها أشعّةً قويّةً من الضوء على طول القطبين المغناطيسيّين، وبذلك مع دورانه، مثل دوران ضوء المنارة، نرصده على أنّه يصدر نبضاً ضوئيّاً على مراحل زمنيّةٍ منتظمةٍ، والنجم النيوترونيّ هو نجمٌ عالي الكتلة، استنفد وقوده كلّه وانهار، وبتأثير الضغط الهائل في مركزه يندمج كلّ إلكترون وبروتون في نيوترون. إذا كانت كتلة مركز النجم المُنهار تعادل 1 إلى 3 أضعاف كتلة الشمس، فإنّ النيوترونات المتشكّلة يمكنها أن توقف الانهيار، ويتشكّل عندها نجمٌ نيوترونيٌّ؛ أمّا إذا كانت كتلة مركز النجم أعلى من ذلك، فيستمرّ الانهيار ليتشكّل ثقبٌ أسْود. (م).

10000000 (عشرة ملايين) ذرّة لكلّ مترٍ مكعّبٍ، في حين تنخفض بين النجوم إلى 500000 ذرّة لكلّ مترٍ مكعّب، وتذهب جائزة «الفراغ» إلى الفضاء بين المجرّات؛ حيث يصعب العثور على أكثر من بضع ذرّاتٍ لكلّ 10 أمتارٍ مكعّبة.

يتجاوز تسلسل قِيَم الكثافات في الكون 10^{44} قيمة، لو أردنا تصنيف الأجسام الكونيّة وفقاً للكثافة وحْدها، ستظهر صفاتٌ بارزةٌ بوضوح، مثلاً: الأجسام ذات الكثافة المضغوطة، مثل: الثقوب السوداء، والنجوم النابضة، والنجوم القزمة البيضاء، كلّها تملك جاذبيّةً هائلةً على سطحها، وتسحب المادّة بسهولةٍ في شكل قرصٍ ذي قُمْع. لدينا مثالٌ آخر من السُّحُب الغازيّة الموجودة بين النجوم: في كلّ مكانٍ في مجرّة درب التبّانة، وفي المجرّات الأُخرى كلّها، تكون السُّحُب الغازيّة ذات الكثافة المرتفعة مكاناً حيويّاً لتوليد النجوم، ومع أنّ فهْمنا الدقيق لعمليّة تشكُّل النجوم غير مكتملٍ، لكنْ على نحوٍ مفهومٍ، فالنظريّات كلّها حول هذا الموضوع تقريباً تتضمّن إشاراتٍ واضحةً لتغيّر كثافة الغاز في أثناء انهيار السُّحُب لتولُّد النجوم.

أحياناً في الفيزياء الفلكيّة، خاصّةً في علوم الكواكب، يمكن استنتاج التركيب الإجماليّ للكويكب، أو القمر ببساطةٍ عن طريق معرفة كثافته. كيف؟ يمتلك العديد من المكوّنات الشائعة في النظام الشمسيّ كثافاتٍ مختلفةً تماماً عن بعضها، وباستعمال كثافة الماء السائل كوحدة قياسٍ، فإنّ كثافة كلٍّ من الماء المتجمِّد، والأمونيا، والميثان، وثاني أكسيد الكربون (وهي مكوّناتٌ شائعةٌ في المذنَّبات) أقلّ من 1؛ وكثافة الموادّ الصخريّة، التي تكون شائعةً بين الكواكب الداخليّة في النظام الشمسيّ والكويكبات، تتراوح بين 2 و5؛ بينما كثافة الحديد، والنيكل، والعديد من المعادن شائعة الوجود في مراكز الكواكب، وفي الكويكبات أيضاً، تتجاوز 8، وعادةً ما يُفسَّر امتلاك الجسم كثافةً متوسّطةً بين هذه المجموعة الواسعة من الكثافات بأنّه يحتوي على مزيجٍ من هذه المكوّنات الشائعة. يمكننا أن نحصل على معلوماتٍ أفضل بالنسبة إلى الأرض؛ إذْ ترتبط سرعة الأمواج الصوتيّة للزلازل في داخل الأرض ارتباطاً مباشراً مع كثافتها من المركز إلى السطح، وتعطينا أفضل البيانات الزلزاليّة المُتاحة كثافةً تبلغ في المركز نحو 12، وتنخفض عند القشرة السطحيّة إلى قرابة 3. وعندما نحسب القيمة المتوسّطة، فإنّ كثافة الأرض بأكملها قرابة 5.5.

تجتمع الكثافة، والكتلة، والحجم (القياس) في معادلة تحديد الكثافة؛ لذا إنْ قمت بقياس، أو استنتاج اثنين من هذه الكميّات، فيمكنك حساب الكميّة الثالثة. حُسِبَتْ كتلة ومدار الكوكب الذي يدور حول النجم الشبيه بالشمس بيغاسوس51 حساباً مباشراً من البيانات، والافتراض

اللّاحق حول إذا ما كان الكوكب غازيّاً (محتمل)، أم صخرياً (غير محتمل) يسمح بتقديرٍ مبدئيٍّ لحجم الكوكب.

في معظم الأحيان عندما يزعم الناس أنّ مادّةً ما أثقل من مادّةٍ أُخرى، فإنّ المقارنة الضمنيّة تكون عن الكثافة، وليس عن الوزن، مثلاً: يمكن للعبارة البسيطة لكنْ الغامضة تقنيّاً: «الرصاص يزن أكثر من الريش» أن تُفهم للجميع تقريباً على أنّها مسألة كثافة، لكنْ هذا الفهم الضمنيّ يُخفِق في بعض الحالات المهمّة؛ فالكريما أخفّ وزناً (أقلّ كثافةً) من الحليب الخالي من الدسم، وسفن الشحن العملاقة كلّها، العابرة للمحيطات، بما فيها سفينة الملكة ماري2 التي يبلغ وزنها 150,000 طنّ، أخفّ وزناً (أقلّ كثافةً) من الماء، فإذا كانت هذه العبارات خاطئةً، فستغرق الكريما والسفن العابرة للمحيطات إلى قاع السوائل التي تطفو فوقها.

معلومات أُخرى عن الكثافة:

- تحت تأثير الجاذبيّة، لا يرتفع الهواء الساخن ببساطةٍ؛ لأنّه ساخن، بل لأنّه أقلّ كثافةً من الهواء البارد، ويمكن القول: إنّ غرق الهواء البارد والأكثر كثافةً مع ارتفاع الهواء الساخن، هُما الأمران الضروريّان ليحصل الحمل الحراريّ في الكون.

- الماء الصلب (المعروف باسْم الجليد) أقلّ كثافةً من الماء السائل، ولو كان العكس هو الصحيح، لتجمّدت البحيرات الكبيرة والأنهار في فصل الشتاء بكاملها من القاع إلى السطح، ولتسبّب ذلك بمقتل الأسماك جميعها، لكنْ ما يحصل هو أنّ الطبقة الجليديّة العائمة والأقلّ كثافةً، تعزل المياه الدافئة في الأسفل عن هواء الشتاء البارد.

- وفيما يتعلّق بالأسماك الميتة، عندما تجد أسماكاً ميتةً تطفو في حوض السمك الخاصّ بك، ستتأكّد من أنّها بطبيعة الحال ومؤقّتاً أقلّ كثافةً من الأسماك الحيّة.

- بخلاف أيّ كوكبٍ معروفٍ آخر، فإنّ متوسّط كثافة زُحل أقلّ من كثافة الماء. بعبارةٍ أُخرى: سيطفو مقدار مجرفةٍ من زُحل في حوض الاستحمام الخاصّ بك. بالنسبة إليّ أردت دائماً أنْ ألهو بلعبةٍ مطّاطيّةٍ على شكل كوكب زُحل في حوض الاستحمام عوضاً عن لعبة البطّة التقليديّة.

- إذا قمت بإطعام ثقبٍ أسْود، فإنّ أفق الحدث (وهو الحدود التي لا يمكن للضوء أن يهرب بعدها) سيكبر حجمه بتناسبٍ طرديٍّ مع كتلته، ما يعني أنّه بازدياد كتلة الثقب الأسْود سينخفض متوسّط كثافة أفق الحدث الخاصّ به، وفي الوقت نفسه، بقدْر ما يمكننا أن نعرف من معادلاتنا، ليتشكّل الثقب الأسْود، تنهار مادّته إلى نقطةٍ واحدةٍ من الكثافة شبه غير النهائيّة في مركزه.

- وها هو أعظم لغزٍ بينها: علبة المياه الغازيّة المغلقة الخالية من السُّكّر تطفو في الماء بينما تغرق العلبة العاديّة المغلقة؛ فالمُحلّيات الذائبة تصنع فرقاً في الكثافة.

إذا قمت بمضاعفة عدد مجموعةٍ من الكرات الصغيرة (كرات الكلة) فإنّ كثافة المجموعة لن تتغيّر؛ لأنّ التغيّر في الكتلة ترافق مع تغيّرٍ بالحجم بالمقدار نفسه، وهذا الأمر ليس له أيّ تأثير على الكثافة، لكنّ الأجسام الموجودة في الكون، التي تتعلّق كثافتها بكتلتها وحجمها، تعطينا نتائج غير مألوفة، على سبيل المثال: إذا كان لديك في صندوقٍ مجموعةٌ من الريش الناعم والرقيق، ثمّ قمت بمضاعفة كميّة الريش، فإنّ ذلك الريش في القاع سينضغط ويصبح مسطّحاً، وفي هذه الحالة ستكون قد ضاعفت الكتلة، ولكنْ ليس الحجم، وسينتج لديك زيادة صافية في الكثافة. تتصرّف الأجسام كلّها القابلة للانضغاط تحت تأثير ثقلها بهذه الطريقة، وليس الغلاف الجويّ للأرض بحالةٍ استثنائيّةٍ عن ذلك؛ إذْ تتكدّس نصف جزيئاته في الأميال الثلاثة الأقرب من سطح الأرض. بالنسبة إلى علماء الفيزياء الفلكيّة، يسبّب الغلاف الجويّ للأرض تأثيراً سيّئاً على جودة البيانات؛ ولهذا السبب تجدنا نهرب إلى قمم الجبال لإجراء الأبحاث الفلكيّة، لنتحرّر من أكبر قدْرٍ ممكنٍ من الغلاف الجويّ للأرض.

ينتهي الغلاف الجويّ للأرض في المكان الذي يمتزج فيه مع الغاز منخفض الكثافة للغاية في الفضاء بين الكواكب، ليصبح غير قابلٍ للتمييز، وعادةً ما يحصل هذا الامتزاج على ارتفاع عدّة آلافٍ من الأميال فوق سطح الأرض. لاحِظ أنّ المكّوك الفضائيّ الذي يحمل تلسكوب هابل، والأقمار الصناعيّة الأُخرى التي تدور على ارتفاع بضع مئاتٍ من الأميال فقط عن سطح الأرض، ستسقط في نهاية المطاف نتيجة مقاومة الهواء المتبقّية في الغلاف الجويّ إنْ لم تتلقَّ دفعاتٍ دوريّةً معزّزة. خلال ذروة النشاط الشمسيّ (كل 11 عاماً) يتلقّى الغلاف الجويّ العُلْويّ للأرض جرعةً أعلى من الإشعاع الشمسيّ، ما يؤدّي إلى تسخينه وتمدّده، وخلال هذه المدّة، يمكن أن يتمدّد الغلاف الجويّ آلاف الأميال الإضافيّة في الفضاء، وبالتالي تتدهور مدارات الأقمار الصناعيّة على نحوٍ أسرع من المعتاد.

قبل اختراع غرف الفراغ في المختبرات، كان الهواء هو أقرب شيءٍ إلى مفهوم «الفراغ» يمكن لأيّ شخصٍ أن يتخيّله، وكانت الأرض، والنار، والماء مع الهواء، العناصر الأربعة الأرسطيّة الأصليّة التي تكوِّن العالم المعروف. في الواقع، كان هناك عنصرٌ خامسٌ يُعرف باسْم «الجوهر»؛ قادمٌ من العالم الأعلى، أخفّ من الهواء، وأثيريٌّ أكثر من النار، وكان يُعرف بأنّ هذا الجوهر الروحانيّ هو الذي يشكّل السماوات. يا له من جوهر!

لسنا في حاجةٍ إلى البحث بعيداً كبُعد السماوات للعثور على بيئاتٍ نادرةٍ؛ إذْ يمكن للغلاف الجويّ العُلْويّ أن يفي بالغرض. ابتداءً من مستوى سطح البحر، يبلغ وزن الهواء قرابة 15 باونداً للإنش المربّع؛ أي: إنّك إذا أخذت عموداً مربّعاً من الهواء، مساحة سطحه 1 إنش مربّع، وارتفاعه من أعلى الغلاف الجويّ نزولاً آلاف الأميال حتّى مستوى سطح البحر، سيكون وزنه 15 باونداً، وللمقارنة، لكي يزِن عمودٌ من الماء 15 باونداً بمساحة سطحٍ مماثلةٍ لعمود الهواء السابق، يكفي أنْ يصل ارتفاعه إلى 33 قدماً؛ أي 10 أمتار. على قمم الجبال، وفي الطائرات يكون عمود الهواء فوقك أقصر، وبذلك يزن أقلّ، وعلى قمّة جبل ماونا كيا في هاواي، الذي يتجاوز ارتفاعه 4,000 متر؛ حيث تقع بعض أقوى تلسكوبات العالم، ينخفض الضغط الجويّ إلى قرابة 10 باوند لكلّ إنش مربّع، وفي أثناء عمليّات المراقبة، يتنفّس علماء الفيزياء الفلكيّة بين الحين والآخر من أسطوانات أكسجين ليحافظوا على نشاطهم العقليّ.

على ارتفاعٍ يتجاوز 100 ميل، يكون الهواء مخلخلاً للغاية؛ بحيث تتحرك جزيئات الغاز لوقتٍ طويلٍ نسبياً قبل أن تصطدم إحداها بأُخرى، وإذا قام جُسيمٌ قادمٌ من الفضاء بإثارة ذرّة[1] فإنّها تبعث ضوءاً فريداً من الألوان قبل اصطدامها التالي، وعندما تكون الجُسيمات الواردة هي مكوِّنات الرياح الشمسيّة، مثل: البروتونات والإلكترونات، تكون الانبعاثات الضوئيّة تشبه ستائر الضوء المتموّج الذي نعرفه باسْم الشفق القطبيّ، وعندما قيسَ طيف الشفق القطبيّ لأوّل مرّةٍ في المختبر، لم يوجد له أيّ نظيرٍ، وبقيت الجزيئات المتوهّجة غير معروفةٍ حتّى اكتُشف أنّها كانت جزيئات أكسجين ونيتروجين، لكنّها مُثارة. عند مستوى سطح البحر، تَمتَصّ تصادماتُ الجزيئات السريعة مع بعضها الطاقةَ الزائدة قبل أن تسمح لها الفرصة بإصدار ضوئها الخاصّ.

الغلاف الجويّ العُلْويّ للأرض ليس المكان الوحيد المنتج لهذه الأضواء المميّزة؛ إذْ حيَّرت ميزاتٌ طيفيّةٌ في هالة الشمس أيضاً علماءَ الفيزياء الفلكيّة، وهالة الشمس هي المنطقة الخارجيّة الجميلة من الشمس، التي تبدو مرئيّةً في أثناء الكسوف الكليّ، ونُسِبَت الميزة الجديدة على أنّها لعنصرٍ غير معروفٍ أُطلق عليه اسْم «كورونيوم»، إلى أن اكتُشف أنّ هذا العنصر الغامض في الهالة الشمسيّة التي تسخن إلى ملايين الدرجات، هو الحديد شديد التأيُّن[2]، وهي حالةٌ

---

(1) تحدث إثارة الذرّة عندما يصطدم بها جُسيمٌ مشحونٌ (بروتون، أو إلكترون) ما يتسبّب بانتقال الإلكترون إلى مدارٍ ذي طاقةٍ أعلى، وعندما يعود الإلكترون إلى مداره السابق ذي الطاقة الأقلّ، فإنّه يصدر جُسيمات من الضوء (فوتونات). (م).

(2) تأيُّن الذرّة: هو حالةٌ فيزيائيّةٌ تحدث عندما تفقد الذرّة إلكتروناً، أو أكثر، أو تكتسب إلكتروناً، أو أكثر، نتيجة الحرارة الشديدة كما في النجوم، أو بسبب اصطدامها بجُسيمٍ آخر. (م).

غير معروفةٍ؛ حيث تكون معظم ذرّات الحديد مجرّدةً من الإلكترونات التي تطفو بحُرّيّةٍ بين الغازات.

عادةً ما تكون صفة «نادرة» محجوزةً للغازات، لكنْ سأستعمل هذه الصفة بحُرّيّةٍ في حديثي عن حزام الكويكبات الشهير. ربّما تعتقد من الأفلام أنّه مكانٌ محفوفٌ بالمخاطر؛ بسبب التهديد بالاصطدام مع صخورٍ ضخمةٍ بحجْم بيت. تريد الوصف الفعليّ لحزام الكويكبات؟ حسناً، تخيّل أنْ تأخذ 2.5% فقط من كتلة القمر (الذي بدوره يساوي ثُمن كتلة الأرض)، وتسحقها إلى آلاف القطع متنوّعة الأحجام، لكنْ تأكّد من احتواء أربع قطعٍ منها على ثلاثة أرباع الكتلة التي أخذتها، ثمّ انشرها جميعها في حزامٍ بعرض 100 مليون ميل، حيث يتبع هذا الحزام مساراً حول الشمس بطول 1.5 مليار ميل؛ هذا هو حزام الكويكبات.

ذيل المذنّب بقلّة كثافته وتخلخله، يشكّل زيادةً في الكثافة بعامل 1,000 على الظروف المحيطة في الفضاء بين الكوكبي. يتمتّع ذيل المذنّب برؤيةٍ واضحةٍ على الرغم من أنّه يتكوّن من «لا شيء» تقريباً، وذلك بسبب عكس ضوء الشمس، وإعادة بعث الطاقة الممتصّة من الشمس، ويُعدّ فريد ويبل، من مركز هارفارد سميثسونيان للفيزياء الفلكيّة، أحد آباء الفهْم الحديث للمذنّبات؛ حيث قدّم وصفاً موجزاً لذيل المذنّب أفضل من أيّ وقتٍ مضى؛ إذْ قال: إنّه الجزء الذي يحوي أكثر ما يمكن من أقلّ ما هناك. في الواقع، كثافة الحجم الكامل للذيل البالغ طوله 50 مليون ميل إذا ضُغطت لتصبح بكثافة الهواء العاديّ، فإنّ الغاز كلّه في الذيل يمكن أن يملأ مكعّباً طول ضلعه نصف ميل، وفي حادثةٍ طريفةٍ لكنّها تدلّ على تأثير الجهل بالعلوم بين الناس، عندما اُكتشف وجود غاز السيانوجين (CN) الخطِر لأوّل مرّةٍ في ذيول المذنّبات، وأُعلن في وقتٍ لاحقٍ أنّ الأرض ستمرّ عبْر ذيل مذنّب هالي خلال زيارته للنظام الشمسيّ الداخليّ عام 1910، باع الدجّالون الناس حبوباً «مُضادّة للمذنّبات» لحمايتهم من الخطر المزعوم.

إذا أردت العثور على مزيدٍ من الأجسام منخفضة الكثافة، فبالتأكيد لن يكون مركز الشمس مكاناً مناسباً لذلك، وذلك على الرغم من أنّ النواة تضمّ 1% فقط من حجم الشمس، ويبلغ متوسّط كثافة الشمس بأكملها ربع كثافة الأرض، وأعلى بنسبة 40% فقط من كثافة الماء العادي، وبكلماتٍ أخرى: يمكن لمقدار ملعقةٍ من مادّة الشمس أن يغرق في حوض الاستحمام، لكنّه لن يغرق بسرعة، ومع ذلك، خلال 5 مليارات سنة، سيكون مركز الشمس قد قام بعمليّة دمج الهيدروجين كلّه الموجود فيه تقريباً إلى هيليوم، وسيبدأ بعد ذلك بمدّةٍ قصيرةٍ بدمج الهيليوم إلى كربون، في هذه الأثناء سيزداد لمعان الشمس ألف مرّةٍ بينما تنخفض درجة حرارة

سطحها إلى نصف ما هي عليه اليوم. نعلم من قوانين الفيزياء أنّ الطريقة الوحيدة التي يمكن أن يزيد بها جسم لمعانه بينما تنخفض درجة حرارته في الوقت نفسه؛ هي بأنْ يكبر، كما سيوضَّح في القسم 5، ستكبر الشمس في النهاية لتصبح كرةً منتفخةً يتجاوز حجمها مدار الأرض، بينما ينخفض متوسّط كثافتها إلى أقلّ من جزءٍ من 10 مليارات جزء من قيمته الراهنة، بالطبع سيتبخّر الغلاف الجويّ، والمحيطات، وأشكال الحياة كلّها على الأرض، لكنْ لا يهمّنا هذا هنا. إنّ الغلاف الجويّ الشمسيّ، على الرغم من التخلخل الذي سيكون فيه، سيعرقل حركة الأرض في مدارها، ويرغمها على الانجذاب في دوّامةٍ لا هوادة فيها من الاندثار النوويّ الحراريّ.

وراء نظامنا الشمسيّ، نحن نغامر في الفضاء البينجمي. أرسلت البشريّة أربع مركباتٍ فضائيّة مزوّدة بالسرعة الكافية للسفر إلى هناك: بايونير10 و11، وفوياجر1 و2. الأسرع بينها هي فوياجر2، وستصل إلى أقرب نجمٍ إلى الشمس بعد قرابة 25,000 سنة.

أجل، الفضاء البينجمي عبارة عن فراغ، لكنْ مثل الرؤية الواضحة لأذيال المذنّبات المتخلخلة في الفضاء بين الكواكب، يمكن لسُحُب الغاز هناك، بكثافتها التي تبلغ مئات إلى آلاف الكثافة المحيطة، أن تكشف بسهولة عن وجود النجوم المضيئة القريبة. مجدّداً، عند تحليل الطيف الملوّن القادم من هذه السُّحُب أكتشفت أنماط غير معروفة، واقتُرِحَ العنصر الافتراضيّ «نيوبوليوم»، أو «السديمي» على أنّه العنصر المجهول، وفي أواخر القرن التاسع عشر، كان من الواضح أنّه لا مكان لعنصر «النيوبوليوم» في الجدول الدوريّ للعناصر، ومع تحسّن تقنيات التجارب المخبريّة لغرف الفراغ، ومع تكرار حالة تحديد العناصر غير المألوفة بأخرى مألوفة في حالاتٍ جديدة، ازدادت الشكوك، وجرى التأكيد لاحقاً؛ أنّ «النيوبوليوم» هو أكسجينٌ عاديٌّ في حالةٍ غير عاديّة. ما هذه الحالة؟ فقدَت كلّ واحدةٍ من الذرّات اثنين من إلكتروناتها، ووُجدت في فراغٍ شبه مثاليٍّ في الفضاء بين النجوم.

عندما تغادر المجرّة، تترك وراءك الغاز، والغبار، والنجوم، والكواكب، والحطام الفضائيّ كلّه، وتدخل فراغاً كونيّاً لا يمكن تصوّره. دعنا نتحدّث عن الفراغ: يحوي مكعّبٌ من مساحة الفضاء بين المجرّات -طول ضلعه 200,000 كيلومتر- عدد الذرّات نفسه تقريباً الذي يحتويه الهواء الذي يملأ فراغ ثلّاجتك، هناك، في الفضاء بين المجرّات، لا يحبّ الكون الفراغ فحسْب، بل يتكوّن منه.

مع الأسف، ربّما يكون من المستحيل تحقيق، أو إيجاد فراغٍ كاملٍ مثاليّ، كما رأينا في القسم 2، أحد التنبّؤات الغريبة لميكانيكا الكمّ تؤكّد أنّ الفراغ الحقيقيّ للفضاء يحتوي على بحرٍ من الجُسيمات «الافتراضيّة» التي تظهر إلى الوجود، وتختفي منه باستمرارٍ مع نظيراتها

من المادّة المُضادّة، وتأتي الحقيقة «الافتراضيّة» لهذه الجُسيمات من أنّها توجد لمراحل حياةٍ قصيرةٍ للغاية؛ بحيث لا يمكن قياس وجودها مباشرةً، والاسْم الشائع لها هو «طاقة الفراغ»، ويمكنها أن تعمل كضغطٍ مُضادٍ للجاذبيّة، الذي سيؤدّي في النهاية إلى دفع الكون ليتوسّع أسرع فأسرع، ما يجعل الفضاء بين المجرّات أكثر تخلخلاً.

ماذا يوجد وراء ذلك؟

بين هواة الميتافيزيقيا، هناك افتراضٌ أنّه خارج الكون، حيث لا يوجد فضاء، لا يوجد عدم. يمكننا أن ندعو ذلك المكان الافتراضيّ ذا الكثافة الصفريّة بالعدم-العدم، لكنْ لا بدّ من أنّنا سنجد هناك بعض الأرانب التي أخفاها السّحَرة من قبل، ولم يتمكّنوا من استعادتها.

- 15 -

على مدى قوس قزح

عندما يرسم رسّامو الكرتون عالِمَ أحياءٍ، أو كيميائيّاً، أو مهندساً، عادةً ما يرسمونه مرتدياً مِريَلاً أبيض واقياً، ويحمل أقلاماً متنوّعةً في جيبه عند الصدر. نحمل -نحن علماء الفيزياء الفلكيّة- الكثير من الأقلام، لكنّنا لا نرتدي مرايَل بيضاء إلّا في حال بنائنا شيئاً سنطلقه في الفضاء، ومختبرنا الأساسيّ هو الكون، وإنْ لم يكن أحدنا سيّئ الحظّ إلى درجة أنْ ينفجر فوق رأسه نيزكٌ ما، فلن يتعرّض لخطر تلوُّث ثيابه بالسوائل الكاوية الموجودة في الفضاء، وهنا يكمن التحدّي في العالم الحقيقيّ. كيف يمكن أن تدرس شيئاً لا يلوّث ثيابك؟ شيئاً لا يمكنك التعامل معه على نحوٍ مباشر؟ كيف لعلماء الفيزياء الفلكيّة أن يعرفوا أيّ شيءٍ عن الكون، أو محتوياته إذا كانت هذه الأشياء كلّها على بُعد سنواتٍ ضوئيّةٍ عنهم؟

لحُسن الحظّ، يكشف طيف الضوء المُنبعِث من نجمٍ ما معلوماتٍ أكثر بكثيرٍ ممّا يكشفه موقعه في السماء، أو شدّة سطوعه، وتعيش الذرّات التي تتوهّج حياةً ممتعةً؛ حيث تستمرّ إلكتروناتها بامتصاص الضوء وإصداره، وإذا كانت البيئة ساخنةً بما فيه الكفاية، فإنّ التصادمات النشطة بين الذرّات يمكن أن تفقدها إلكتروناتها جميعها، أو بعضها، ما يسمح بتشتيت الضوء هنا وهناك. إجمالاً، تترك الذرّات بصماتها على الضوء الذي ندرسه، والذي يشير على نحوٍ فريدٍ إلى كلّ عنصرٍ كيميائيٍّ، أو جُزيءٍ موجودٍ في العمليّة.

في عام 1666، قام إسحق نيوتن بتمرير الضوء الأبيض من خلال موشورٍ لإظهار الألوان السبعة المألوفة للطيف: أحمر، وبرتقالي، وأصفر، وأخضر، وأزرق، ونيلي، وبنفسجي، الذي قام بتسميتها شخصيّاً، واستعمل آخرون الموشور في تجارب سابقة، لكنّ نيوتن فعل بعد ذلك ما لم يسبق لأحدٍ فعله؛ أعاد تمرير الطيف الناشئ في موشورٍ آخر، واستعاد اللّون الأبيض الذي

بدأ به التجربة، ما يدلّ على خصيصةٍ رائعةٍ ليس لها نظير في الألوان العاديّة التي نستعملها في الرسم؛ فبينما يعطينا إشعاع ألوان الطيف عند مزجها في الموشور لوناً أبيض صافياً، تعطينا الألوان (الماديّة) التي نرسم بها في حال مزجها مع بعضها لوناً يشبه لون الوحل. حاول نيوتن أيضاً أن يشتّت الألوان نفسها، لكنّه وجد أنّها نقيّةٌ، وبصرف النظر عن أسمائها، فإنّ ألوان الطيف تتغيّر بسلاسةٍ واستمرارٍ من لونٍ إلى التالي، ولا تملك العين البشريّة القدرة على فعل ما يمكن للموشور أن يفعله، فالموشور نافذةٌ جديدةٌ على الكون غير المكتشَف.

إنّ الفحص الدقيق لطيف الشمس، باستعمال البصريّات الدقيقة، والتقنيّات التي لم تكن متوفّرةً في زمن نيوتن، لا يكشف عن ألوان الطيف السبعة فقط، بل عن قطاعاتٍ ضيّقةٍ في الطيف يكون فيها اللّون غائباً. اكتشف هذه «الخطوط» الموجودة خلال الضوء الكيميائيّ الطبيّ وليام هايد وولاستون عام 1802، الذي اقترح بسذاجةٍ (على الرغم من معقوليّة الاقتراح) أنّها حدودٌ تحدث طبيعيّاً بين خطوط الألوان المعروفة، وتلا ذلك مناقشة وتفسير أكثر اكتمالاً قدّمه الفيزيائيّ ومختصّ البصريّات الألمانيّ جوزيف فون فراونهوفر (1787- 1826)، الذي كرّس حياته المهنيّة للتحليل الكمّي للطيف، وللأجهزة البصريّة التي يمكن أن تولّده وتسهم في دراسته، وكثيراً ما يُلقَّب فراونهوفر «أبو التحليل الطيفيّ الحديث»، لكنّني أزيد على ذلك وأقول: إنّه «أبو الفيزياء الفلكيّة»؛ فبين عامي: 1814، و1817، قام فراونهوفر بتمرير ضوء أنواعٍ محدّدةٍ من اللّهب خلال موشورٍ، واكتشف أنّ نمط الخطوط مشابهٌ للخطوط الموجودة في طيف الشمس، كما أنّها تشبه أيضاً نمط الخطوط الموجودة في أطياف العديد من النجوم، بما فيها نجم كابيلا (نجم العيُّوق)، أحد النجوم الأكثر سطوعاً في سماء اللّيل.

بحلول منتصف القرن التاسع عشر، كان الكيميائيّان: غوستاف كيرشوف، وروبرت بنزِن (والأخير هو مخترع موقد بنزِن الشهير الذي أصبح وجوده ضروريّاً في أيّ مختبرٍ كيميائيّ) يقومان ببعض التجارب البسيطة لتمرير ضوء الموادّ المحترقة عبر الموشور، فوَضعا مخطّطاً للأنماط التي صنعتها العناصر المعروفة واكتشفا مجموعةً من العناصر الجديدة، بما فيها الروبيديوم والسيزيوم؛ حيث يظهر لكلّ عنصرٍ نمطه الخاصّ من الخطوط الطيفيّة؛ أي: بطاقة التعريف الخاصّة به، وكان هذا المشروع غزير النتائج للغاية، حتّى إنّ الهيليوم، وهو ثاني أكثر العناصر وفرةً في الكون؛ اُكتشف في طيف ضوء الشمس قبل اكتشاف وجوده هنا على الأرض، وما زال اسْم العنصر يحمل إشارةً إلى تاريخ اكتشافه، فهو مُشتقٌّ من هيليوس: الشمس.

لن يظهر شرحٌ دقيقٌ ومفصَّلٌ لكيفيّة تكوين الذرّات وإلكتروناتها خطوطاً طيفيّةً إلّا بعد نصف قرنٍ، في عصر الفيزياء الكموميّة، لكنّ القفزة في المفهوم قد تحقّقت بالفعل: تماماً مثلما ربطت معادلات نيوتن للجاذبيّة فيزياءَ المختبرات بالنظام الشمسيّ، ربط فراونهوفر كيمياء المختبرات بالكون، وحُدّدت المرحلة الجديدة من الأبحاث، وهي -لأوّل مرّةٍ- اكتشاف العناصر الكيميائيّة التي تملأ الكون، وتحديد ظروف الحرارة والضغط التي تكشف عن أنماطها في عالَم التحليل الطيفيّ.

من بين أكثر التصريحات بروزاً، التي أدلى بها فلاسفةٌ واسعو المعرفة، نجد ما كتبه الفيلسوف أوغست كومت (1798- 1857) في سلسلة نصوصه «دورة الفلسفة الإيجابيّة[1]» عام 1835:

> بالنسبة إلى موضوع النجوم، فإنّ التحقيقات جميعها التي لا يمكن اختزالها في النهاية إلى ملحوظاتٍ مرئيّةٍ بسيطةٍ... هي بالضرورة مرفوضة لنا... ولن نكون قادرين بأيّ حالٍ من الأحوال على دراسة تركيبها الكيميائيّ...، وأعدّ أيّة فكرةٍ عن درجة الحرارة الحقيقيّة للنجوم المختلفة غير قابلةٍ لتُعرف لنا على الإطلاق. (ص 16، ترجمة مؤلّف الكتاب).

أقوالٌ كهذه تجعلك خائفاً من أن تفصح عن أيّ شيء.

بعد سبع سنواتٍ فقط، قدَّم الفيزيائيّ النمساويّ كريستيان دوبلر ما أصبح يُعرف باسْم تأثير دوبلر، وهو التغيُّر في تردّد الموجة التي تنبعث من جسمٍ متحركٍ، ويمكن أنْ نفهم تأثير دوبلر كما يلي: يمدّد الجسم المتحرك الأمواج الموجودة خلفه (يخفض من تردّدها)، ويضغط الأمواج الموجودة أمامه (يزيد تردّدها)، وكلّما ازدادت سرعة الجسم، ازداد ضغط الضوء أمامه، وتمدّده خلفه، ولهذه العلاقة البسيطة بين السرعة وتردّد الموجة آثار عميقة؛ فإذا عرفت ما هو التردّد الذي تصدر فيه الموجة، وحصلت على قيمتين مختلفتين عند قياسه، سيكون الفرق بين القيمتين هو المؤشّر المباشر لسرعة الجسم باتّجاهك، أو مبتعداً عنك. في ورقة بحثه عام 1842، أدلى دوبلر بقولٍ سابقٍ لعصره:

> يمكن أن نقبل يقيناً أنّ [تأثير دوبلر] سيقدّم في المستقبل غير البعيد لعلماء الفلك وسيلةً جيّدةً لتحديد حركات... مثل هذه النجوم... فنحن حتّى هذه اللّحظة بالكاد نأمل في مثل هذه القياسات والتحديدات. (Schwippell 1992، ص 46-54)

هذه الفكرة ناجحةٌ مع الأمواج الصوتيّة والضوئيّة، ومع أيّ نوعٍ من الأمواج في الواقع.

---

(1) *Cours de Philosophie Positive*, By Auguste Comte.

(أراهن أنّ دوبلر سيُفاجأ لو عَلِم أنّ رجال الشرطة اليوم يستعملون اكتشافه في أجهزة الرادار التي تعمل على الأمواج الصُّغريّة؛ حيث يأخذون نقوداً من الأشخاص الذي يقودون بسرعاتٍ تتجاوز السرعة المسموح بها). بحلول عام 1845، كان دوبلر يجري تجاربَ مع موسيقيّين يعزفون نوتاتٍ موسيقيّةً على قطارٍ متحرّكٍ، بينما يكتب أشخاصٌ متخصّصون ذوو السمع المثاليّ النوتات التي تتغيّر كما يسمعونها عندما يقترب القطار، ثمّ يبتعد.

خلال المرحلة الأخيرة من القرن التاسع عشر، مع الاستعمال واسع النطاق لجهاز رسم الطيف في عِلم الفلك، إلى جانب العِلم الجديد للتصوير الفوتوغرافيّ، أُعيد تأسيس عِلم الفلك بعَدّهِ مجال الفيزياء الفلكيّة، وكانت إحدى المنشورات البحثيّة البارزة في هذا المجال مجلّة الفيزياء الفلكيّة، التي أُسِّست عام 1895، تحمل حتّى عام 1962 اسْم الدوريّة العالميّة للفيزياء الفلكيّة والطيفيّة، وحتّى اليوم، تقدِّم معظم التقارير عن الكون تحليلاً للأطياف، أو تعتمد بقوّةٍ على بياناتٍ طيفيّةٍ حصل عليها آخرون.

يتطلّب توليد طيفٍ من ضوء الأجسام الحصول على كميّةٍ أكبر من كميّة الضوء التي يتطلّبها التقاط صورة، لذا فإنّ التلسكوبات الأكبر في العالم، مثل: تلسكوب كيك في هاواي، تكون مهمّتها الرئيسة الحصول على الأطياف. باختصار: بدون قدرتنا على تحليل الطيف، ما كنّا لنعرف شيئاً عمّا يحدث في الكون.

يواجه معلّمو الفيزياء الفلكيّة تحدّياً تربويّاً عظيماً؛ فمعظم المعرفة التي يستنتجها علماء الفيزياء الفلكيّة حول بُنية الأجسام، وتشكُّلها، وتطوّرها في الكون، تأتي من دراسة الأطياف، لكنّ تحليل الأطياف مُستخلَصٌ من عدّة طبقاتٍ من الاستنتاج، وتساعد التشبيهات والاستعارات في ربط فكرةٍ معقّدةٍ ومجرّدةٍ إلى حدٍّ ما بفكرةٍ ملموسةٍ أكثر بساطةً، مثلاً: يمكن لعلماء الأحياء أن يصفوا شكل جُزيء الحمض النوويّ DNA لسلكين ملفوفين على بعضهما، واللّذين يربط بينهما ما يشبه درجات السلَّم، ويمكن لنا أن نتخيّل صورة سلك، ثمّ صورة سلكين ملفوفين على بعضهما، ثمّ نضيف درجات السلَّم بينهما، وبذلك نتخيّل صورة جُزيء الحمض النوويّ. يوضح كلّ جزءٍ من الوصف مستوى من الاستنتاج، وعند اكتمال المستويات نصل إلى شكل الجُزيء، وتجتمع هذه المستويات بطريقةٍ جميلةٍ في الذهن لتقديم صورةٍ ملموسةٍ للعقل، وبصرف النظر عن سهولة الموضوع، أو صعوبته، يمكن للمرء الآن التحدّث عن عِلم الجُزيء.

لكنْ لشرح كيف نعرف سرعة النجم نحتاج إلى خمسة مستوياتٍ من التجريد:

المستوى 0: نجم.

المستوى 1: صورة نجم.

المستوى 2: الضوء من صورة نجم.

المستوى 3: طيف الضوء من صورة نجم.

المستوى 4: أنماط خطوط طيف الضوء من صورة نجم.

المستوى 5: الانتقالات في أنماط طيف الضوء من صورة نجم.

تحدث هذه المستويات الخمسة بالتتابع في كلّ مرّةٍ تُلتقط فيها صورةٌ بوساطة كاميرا، لكنْ عند شرح هذه المستويات للناس، سيشعرون بالارتباك، أو يتثاءبون مللاً؛ ولهذا السبب لا يعرف معظم الناس دور الطيف في اكتشاف الكون، وإنّ تبسيطه بعيدٌ للغاية عن الأمر نفسه، ما يجعل شرحه معقّداً وصعباً.

عند تصميم متحفٍ للتاريخ الطبيعيّ، أو أيّ نوعٍ آخر من المتاحف، فما يهمّ هو الموضوعات الحقيقيّة، وما تبحث عنه في أثناء زيارتك هو القطع الأثريّة، والصخور، والعظام، والأحافير، والتذكارات، وما إلى ذلك؛ هذه العيّنات كلّها هي من «المستوى 0»، وتتطلّب عمليّةً إدراكيّةً ضئيلةً، أو معدومةً قبل قراءة بطاقة التعريف بالقطعة، أو سماع الدليل يتحدّث عنها، لكنْ بالنسبة إلى الفيزياء الفلكيّة، فإنّ أيّة محاولةٍ لعرض نجمٍ، أو كوازار (شبه نجم) في متحفٍ ستجعلنا نتبخّر جميعاً.

معظم علماء الفيزياء الفلكيّة يرسمون تصوّراتهم في المستوى 1؛ حيث يقود بحثهم -قبل كلّ شيء- إلى عرض الصور، التي تكون مدهشةً حقّاً وجميلة. أشهر التلسكوبات في العصر الحديث، وهو تلسكوب هابل الفضائيّ، اُشتهر أساساً بفضل الصور الجميلة الملوّنة، وذات الدقّة العالية التي التقطها للأجسام في الفضاء، لكنّ المشكلة تكمن في أنّ رؤيتنا لهذه الصور تزيدنا إعجاباً ودهشةً على نحوٍ شاعريٍّ بالكون العظيم، إلّا أنّنا لا نزال لا نملك أيّة فكرةٍ عن كيفيّة عمله. أنْ نعرف الكون معرفةً حقيقيّةً يقتضي أنْ نقتحم المستويات: 3، و4، و5. قدّم لنا تلسكوب هابل عِلماً واسعاً، لكنّ وسائل الإعلام لا تخبرك بأنّ أساس معرفتنا بالكون تأتي باستمرارٍ من التحليل الطيفيّ، وليس من النظر إلى الصور الجميلة. أريد من الناس ألّا يكتفوا بالحركة التسلسليّة من المستوى 0 إلى المستوى 1، بل أنْ يتابعوا أيضاً إلى المستوى 5، الذي يتطلّب جهداً خاصّاً وذكاءً أكبر ليس فقط من الطالب، بل أيضاً (وربّما أكثر) من المعلّم.

جميلٌ أنْ ترى صورةً بألوانٍ مدهشةٍ مُلتقطةً بالضوء المرئيّ لإحدى السُّدُم في مجرّتنا درب التبّانة، لكنْ أن نحلّل طيف أمواج الراديو التي تصدرها لنعرف أنّها تحتضن بين طبقاتها نجوماً حديثة الولادة ذات كتلٍ فائقة الضخامة، أمرٌ أكثر روعةً! فسُحُب الغاز هذه هي حاضنات نجميّة، تعيد إصدار الضوء في الكون.

أمرٌ رائعٌ أيضاً أن نرصد -بين الحين والآخر- انفجارَ نجمٍ عملاقٍ، ويمكن للصور أن تُظهر ذلك، لكن الأكثر روعةً هو ما يُظهره طيف الأشعّة السينيّة والضوء المرئيّ لهذه النجوم المُحتضرة من عناصر ثقيلة تُغني المجرّة، ويمكن أن نتعقّبها في العناصر المكوِّنة الأساسيّة للحياة على الأرض؛ نحن لا نعيش بين النجوم فقط، بل النجوم تعيش فينا أيضاً.

ومن المثير أنْ نرى ملصقاً إعلانيّاً كبيراً يحمل صورة مجرّةٍ حلزونيّةٍ، لكنّ الأمر الأكثر إثارةً أن نستنتج من انحرافات دوبلر في الخصائص الطيفيّة التي ذكرناها سابقاً، أنّ هذه المجرّة تدور بسرعة 200 كيلومتر في الثانية، وبالتالي نستنتج وجود 100 مليار نجم فيها، اعتماداً على قوانين نيوتن للجاذبيّة، وبالمناسبة، تتسارع المجرّة مبتعدةً عنّا بسرعةٍ تصل إلى جزءٍ من عشرة من سرعة الضوء كنتيجةٍ لتمدّد الكون.

من المدهش أن ننظر إلى نجمٍ قريبٍ يماثل شمسنا بشدّة السطوع ودرجة الحرارة، لكنْ المدهش أكثر هو أن نعتمد على قياسات دوبلر شديدة الحساسيّة لحركة النجم؛ لنستنتج وجود كواكب تدور بمداراتٍ حوله، حتّى الوقت الراهن، امتلأ سجلُّنا بـ 200 كوكبٍ يدور حول نجومٍ خارج نظامنا الشمسيّ.

وأن نرصد كوازار (شبه نجم) على حافّة الكون يبدو أمراً مهمّاً، لكنّ الأمر يختلف كليّاً عندما نحلّل طيفه ونتتبّع منه منشأ بُنية الكون المرئيّ، التي تظهر على طول مسار ضوء الكوازار، بينما تأخذ سُحُب الغاز والعوائق الأُخرى حصّتها من طيفه قبل وصوله إلينا.

وفي علم ديناميك الموائع المغناطيسيّة، يتغيّر التركيب الذريّ قليلاً بتأثير المجال المغناطيسيّ، ويتجلّى هذا التغيير في النمط الطيفيّ المتغيّر والناجم عن هذه الذرّات المتأثّرة مغناطيسيّاً.

وأيضاً، مُسلّحين بنسخة أينشتاين النسبيّة من صيغة دوبلر، نستنتج معادلةً تشمل الكون بأكمله من أطياف المجرّات التي لا تُعدّ، ولا تُحصى، القريبة منها والبعيدة، وبذلك يمكن لنا أن نستنتج عُمْر الكون ومستقبله.

يمكن للمرء أن يقدّم حُجّةً مقنعةً ممّا سبق بأنّ علماء الفيزياء الفلكيّة يعرفون عن الكون

أكثر ممّا يعرفه علماء الأحياء البحريّة عن قاع المحيط، أو علماء الجيولوجيا عن مركز الأرض، وبعيداً عن ماضينا بصفتنا علماء فلك مراقبين للنجوم وعاجزين، أصبحنا -نحن علماء الفيزياء الفلكيّة- مُسلَّحين بقوّة أدوات وتقنيّات التحليل الطيفيّ، ما يجعلنا ثابتين على الأرض، ومع ذلك نلمس النجوم (بدون أن نحرق أصابعنا) ونعرف عن الكون ما لم نكن نعرفه من قبل.

- 16 -

نوافذ على الكون

كما ذكرنا في القسم 1، غالباً ما تُصنَّف العين البشريّة كأحد أكثر أعضاء جسم الإنسان روعةً؛ حيث تُعدّ قدرتها على التركيز على المسافة القريبة والبعيدة، والتكيُّف مع مجموعةٍ واسعةٍ من مستويات الضوء، وتمييز الألوان، من الخصائص المثيرة للدهشة بالنسبة إلى معظم الناس، لكنْ عندما تتوسّع معرفتك لتُدرِك وجود أنواعٍ متعدّدةٍ من الأشعّة الضوئيّة غير المرئيّة بالنسبة إلينا، فإنّك ربّما توشك أن تقول: إنّ الإنسان أعمى عمليّاً. كم نحن معجبون بسمعنا! لكنْ من الواضح أنّ الخفافيش تمتلك حساسيّةً صوتيّةً تفوقنا بمراحل، ولو كانت حساسيّة الإنسان للشمّ جيّدةً كما هي حساسيّة الكلاب، لن نحتاج إلى الكلاب لتشتمّ رائحة المخدّرات في أثناء عمليّة التفتيش الجمركيّ.

سعى الإنسان عبر تاريخه ليتجاوز الحدود الفطريّة لحواسّه في اكتشافه للكون، وكان حلمه هذا هو ما فتح نوافذَ جديدةً على الكون، على سبيل المثال: بدءاً من ستينيّات القرن الماضي، مع مسابير السوفييت، ووكالة ناسا الأمريكيّة المبكّرة، التي أُطلِقت إلى القمر والكواكب، أصبحت مسابير الفضاء التي يُتحكَّمُ بها عن طريق الحاسوب، والتي يمكن أن نسمّي الواحد منها إنساناً آليّاً، وما زالت حتّى الآن؛ الأداة الأساسيّة لاستكشاف الفضاء. يتفوّق الإنسان الآليّ (الروبوت) بمزايا عديدة على رائد الفضاء البشريّ: فهو أقلّ كلفةً لإطلاقه، ويمكن تصميمه للقيام بتجارب غاية في الدقّة من دون حاجته إلى بدلة الضغط المرهِقة الخاصّة بروّاد الفضاء، والروبوت ليس حيّاً بأيّ معنى تقليديٍّ للكلمة؛ لذلك لا خطر من موته في حادثٍ فضائيٍّ، لكنْ إلى أن تتمكّن الحواسيب من محاكاة فضول الإنسان، وشرارة البصيرة لديه، وإلى أن يتمكّن الذكاء الصنعيّ من توليف المعلومات والوصول إلى اكتشافاتٍ بالمصادفة، كما يحدث معنا، بعد التحديق في شيءٍ

ما لبعض الوقت (أو أحياناً حتّى بدون تحديق)، ستبقى الروبوتات أدواتٍ مصمّمةً لاكتشاف ما نتوقّع مسبقاً -نحن البشر- أنْ نجده.

لسوء الحظّ، ربّما تكون الأسئلة التي تكشف عمقَ الطبيعة هي تلك التي لم يسألها أحدٌ بعد.

يُعدّ امتداد رؤيتنا باستعمال الأدوات التقنيّة، لنتعرّف إلى الأشعّة غير المرئيّة التي تُعرف باسْمٍ شاملٍ هو «الطيف الكهرومغناطيسيّ»، من أهمّ الخطوات التي رفعت مستوى حواسّنا الضعيفة. في أواخر القرن التاسع عشر قام عالِم الفيزياء الألمانيّ هاينريش هرتز بتجارب ساعدت على توحيد المفاهيم لِما كان يُعدّ سابقاً أشكالاً غير مرتبطةٍ ببعضها من الإشعاع، والأمواج الراديويّة، والأشعّة تحت الحمراء، والضوء المرئيّ، والأشعّة فوق البنفسجيّة؛ جميعها كانت من عائلة الضوء الواحدة، لكنّها تختلف ببساطةٍ في طاقتها، ويمتدّ الطيف الكامل، بما فيه الأجزاء كلّها التي اكتُشفت بعد أعمال هرتز، بدءاً من الجزء ذي الطاقة الأقلّ انخفاضاً؛ الأمواج الراديويّة، ويستمرّ بازدياد الطاقة إلى الأمواج الصُغريّة (الميكرويّة)، والأشعّة تحت الحمراء، والأشعّة المرئيّة (بما فيها الألوان السبعة: الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي)، والأشعّة فوق البنفسجيّة، والأشعّة السينيّة، وأشعّة غاما.

لا يتفوّق سوبرمان بنظره ذي الأشعّة السينيّة على علماء العصر الحديث. أجل، ربّما يكون أقوى من عالِم فيزياء فلكيّ عاديّ، لكنّ علماء الفيزياء الفلكيّة اليوم يمكنهم «رؤية» أجزاء الطيف الكهرومغناطيسيّ كلّها. غياب هذه الرؤية المتوسّعة لا يجعلنا عمياناً فحسب، بل جَهَلة أيضاً؛ فالكون يكشف عن العديد من الظواهر الفيزيائيّة الفلكيّة من خلال نوافذَ محدّدةٍ دون غيرها.

ما يلي هو نظرةٌ خاطفةٌ انتقائيّةٌ من خلال كلّ نافذةٍ من نوافذ الكون، بدءاً من نافذة الأمواج الراديويّة، التي تتطلّب أجهزة كشفٍ مختلفةً للغاية عن تلك الموجودة في شبكيّة العين البشريّة.

في عام 1932 قام كارل يانسكي -في مختبرات بيل في نيوجرسي بأمريكا، وباستعمال هوائيّ راديو- بـ«رؤية» أوّل إشارةٍ راديويّةٍ تنبعث من مكانٍ آخر غير كوكب الأرض؛ لقد اكتشف مركز مجرّة درب التبّانة، وكانت إشارة الراديو التي اكتشفها قويّةً بما يكفي لأنْ تراها العين البشريّة، لو كانت حسّاسةً لأمواج الراديو؛ كإحدى ألمع المنابع الضوئيّة في السماء.

مع بعض الأجهزة الإلكترونيّة المُصمّمة بذكاء، يمكن أن تُرسل أمواج راديو مشفّرة على نحوٍ

خاصٍّ، التي يمكن عند استقبالها تحويلها إلى صوتٍ، ويُعرف هذا الجهاز المُبتَكر باسْم «الراديو» نسبةً إلى أمواج الراديو، ويُعرف أيضاً بـ«المذياع» نسبةً إلى وظيفته في إذاعة الصوت؛ وبذلك نكون مع توسيعنا لمدى حاسّة البصر لدينا، قد وسّعنا مدى حاسّة السمع أيضاً. في الواقع، يمكن توجيه أيّ مصدرٍ لأمواج الراديو، أو عمليّاً أيّ مصدرٍ للطاقة مهما كان نوعه، ليتحوّل إلى اهتزازاتٍ صوتيّةٍ، وهو أمرٌ يُسيء الإعلاميّون فهْمَه عادةً، على سبيل المثال: عندما اكتُشف انبعاث أمواج راديو من كوكب زُحل، كان قيام علماء الفلك بتوصيل جهاز استقبالٍ لا سلكيٍّ إلى مكبّرات صوتٍ، وتحويل الأمواج الراديويّة إلى أمواجٍ صوتيّةٍ أمراً بسيطاً علميّاً، لكنّ أحد الصحفيّين أعلن أنّ هناك «أصواتاً» قادمةً من كوكب زُحل، وأنّ الحياة على زُحل تحاول إخبارنا بشيءٍ ما!

مع نشوء أجهزةٍ رادويّةٍ أكثر تطوّراً وحساسيّةً من التي كانت مُتاحةً لكارل يانسكي، لا نستكشف الآن مجرّة درب التبّانة فحسب، بل نستكشف الكون كلّه، وكدليلٍ على أنّه ما زال لدينا تحيُّزٌ أوليٌّ إلى أنّ «الرؤية هي اليقين»، لم تُؤخذ الاكتشافات المبكّرة بوساطة أجهزة الكشف لمصادر أمواج الراديو؛ بعين الاعتبار إلى أنْ يُؤكَّدَ وجودها عن طريق رؤيتها بوساطة تلسكوب كما هو معتاد. لحُسن الحظّ، معظم فئات الأجسام التي تبعث أمواج راديو تبعث أيضاً مستوى ما من الضوء المرئيّ؛ لذا لم نكن في حاجةٍ إلى «الإيمان الأعمى» في هذا الأمر. أخيراً، قدّمت التلسكوبات الخاصّة برصد الأمواج الراديويّة مجموعةً غنيّةً من الاكتشافات التي تتضمّن الكوازارات (أشباه النجوم) التي لا تزال غامضةً، والتي تُعدّ من بين أكثر الأجسام بُعداً في الكون المعروف.

تبعث المجرّات الغنيّة بالغاز بأمواج راديو من ذرّات الهيدروجين الموجودة بوفرةٍ (أكثر من 90% من ذرّات الكون هي ذرّات هيدروجين)، واعتماداً على مصفوفاتٍ كبيرةٍ ومنتظمةٍ من التلسكوبات الراديويّة المتّصلة مع بعضها إلكترونيّاً، يمكننا الحصول على صورٍ عالية الدقّة لمحتوى المجرّة من الغاز، التي تكشف عن ميزاتٍ معقّدةٍ لغاز الهيدروجين، مثل: التقلُّبات، والفقاعات، والثقوب، والخيوط الهيدروجينيّة. من نواحٍ كثيرةٍ، لا تختلف مهمّة رسم خرائط المجرّات عن رسم الخرائط الجغرافيّة في القرنين: الخامس عشر، والسادس عشر، حيث مثّلت هذه الخرائط -على الرغم من أنّها مشوّهة- محاولةً إنسانيّةً نبيلةً لوصف العوالم التي تتجاوز الحدود التي يمكن للإنسان أن يصل إليها فيزيائيّاً.

ومع تخيّلنا مجدّداً امتلاك أعيننا حساسيّة الكشف عن أمواج الراديو، سنجد أنّ نافذة الطيف هذه ستمكّننا من رؤية أمواج الراديو التي يصدرها جهاز شرطة المرور (المختبئين وراء

الشجيرات خارج الطريق) الموضوع على الطرق لضبط تجاوز السرعة، وستبدو لنا أبراج محطّات الهاتف الباعثة للأشعّة الصُّغريّة (الميكرويّة) مشتعلةً بالأضواء، لكنْ لن نرى فرن الميكروويف الموجود في المطبخ بطريقةٍ مختلفةٍ؛ لأنّ باب الفرن مصنوعٌ بطريقةٍ يعكس فيها الأمواج الصُّغريّة ليمنعها من الخروج من الفرن، وهذه ميزةٌ جيّدةٌ حتّى تحمي عينيك المحدّقتين في الفرن من أنْ تُطهى مع طعامك!

لم يبدأ استعمال تلسكوبات الأمواج الصُّغريّة بنشاطٍ حتّى أواخر الستينيّات من القرن الماضي؛ حين سمحت لنا باكتشاف السُّحُب الغازيّة البينجميّة الباردة الكثيفة التي تنهار في النهاية مشكّلةً نجوماً وكواكب، وتتجمّع العناصر الثقيلة في هذه السُّحُب بسهولةٍ في جزيئاتٍ معقّدةٍ يمكن رصد علاماتها الكيميائيّة في الأمواج الصُّغريّة، التي نرصدها على الأرض، بوضوحٍ لا لبس فيه؛ لأنّها تطابق الجُزيئات المماثلة الموجودة على الأرض.

بعض هذه الجُزيئات الكونيّة مألوفة في المنازل:

NH_3 (الأمونيا).

H_2O الماء.

وبعضها مُميت:

CO أحادي اكسيد الكربون.

HCN سيانيد الهيدروجين.

وبعضها ربما يذكّرك بالمستشفى:

H_2CO الفورمول.

C_2H_5OH الكحول الإيثيلي.

وبعضها الآخر لا يذكّرنا بأيّ شيء:

N_2H+ أيون أحادي هيدريد ثنائي النيتروجين.

CHC_3CN سيانودياًسيتيلين.

نعرف قرابة 130 نوعاً من الجُزيئات، بما فيها الغليسين: وهو أحد الأحماض الأمينيّة التي تشكّل لَبِنةً أساسيّةً في بناء البروتين، وبذلك الحياة كما نعرفها.

ممّا لا شكّ فيه أنّ تلسكوب الأمواج الصُّغريّة قدَّم أهمّ الاكتشافات في الفيزياء الفلكيّة، فقد انخفضت الحرارة المتبقية من الانفجار العظيم لبداية الكون إلى درجةٍ تبلغ الآن 3 درجات على مقياس الحرارة المطلق (كما هو مفصَّل تماماً في موضعٍ آخر في هذا القسم، فإنّ مقياس درجة الحرارة المطلقة، «مقياس كلفن»، يحدّد على نحوٍ منطقيٍّ أنّ أبرد درجة حرارةٍ هي الصفر، وبذلك لا توجد درجات حرارةٍ سالبة في مقياس كلفن؛ فالصفر المطلق يناظر قرابة 460- درجة فهرنهايت، بينما 310 درجات مطلقة توافق درجة حرارة الغرفة)، وفي عام 1965، قيسَتْ بقايا الانفجار العظيم هذه مُصادفةً في مخابر بيل من قِبل العالِمَين: آرنو بينزياس، وروبرت ويلسون، اللّذَين حازا جائزة نوبل لاكتشافهما هذا، وتظهر هذه البقايا كمحيط كُلّي الوجود، وفي الاتّجاهات جميعها، من الضوء الذي تسيطر عليه الأمواج الصُّغريّة.

ربّما كان هذا الاكتشاف هو المُصادفة في أحسن حالاتها، كان الهدف المتواضع لبينزياس وويلسون هو إيجاد مصادر أرضيّة تتداخل مع اتّصالات الأمواج الصُّغريّة، لكنْ ما وجدوه كان دليلاً مُقنِعاً على نظريّة «الانفجار العظيم» لأصل الكون، وكانت هذه المُصادفة أشبه بمحاولة صيد أسماكٍ صغيرةٍ أدَّت إلى اصطياد حوتٍ ضخم!

إذا تحرّكنا إلى الأمام على طول الطيف الكهرومغناطيسيّ سنصل إلى ضوء الأشعّة تحت الحمراء، وهي أيضاً غير مرئيّةٍ للبشر، والاستعمال الأكثر شيوعاً الذي يمكن أن نراها فيه في حياتنا اليوميّة هو في إبقاء البطاطا المقليّة على الطريقة الفرنسيّة ساخنةً ومقرمشةً لساعاتٍ من خلال تسليط مصابيح من الأشعّة تحت الحمراء عليها لتأتيك ساخنةً ومقرمشةً قبل شرائها كأنها حضرت حالاً، ويمكن لهذه المصابيح أيضاً أن تبعث ضوءاً مرئيّاً إلّا أنّ المكوّن الفعّال فيها هو فوتونات الأشعّة تحت الحمراء غير المرئيّة التي يمتصّها الطعام بسرعة. لو كانت شبكيّة العين البشريّة حسّاسةً للأشعّة تحت الحمراء، فإنّ النظر في أرجاء المنزل في اللّيل مع إطفاء الأنوار جميعها سيكشف عن الأجسام جميعها التي تحتفظ بدرجة حرارةٍ أعلى من درجة حرارة الغرفة، مثل: المكواة المنزليّة (في حال تُركت تعمل)، والقضبان المعدنيّة التي تحيط برؤوس موقد الغاز، وأنابيب المياه الساخنة، وبشرة أيّ إنسانٍ يتجوّل داخل المنزل، ولا تبدو هذه الرؤية بذات أهميّةٍ أكثر ممّا نراه في الضوء المرئيّ، ولكنْ يمكن أن نتخيّل بعض الاستخدامات الإبداعيّة لهذه الحساسيّة، مثل: النظر في أرجاء المنزل في الشتاء لمعرفة المكان الذي تتسرّب منه الحرارة من ألواح النوافذ، أو السقف.

عندما كنت طفلاً، عرفتُ أنّه في اللّيل عندما نطفئ الأضواء، لا يمكن للرؤية بالأشعّة تحت

الحمراء أن تكشف الوحوش المُختبِئة في الخزانة إلّا إذا كانت دماؤها ساخنةً، لكنّ الوحوش الخياليّة التي نخاف منها في غرف نومنا هي كائناتٌ زاحفةٌ ذات دمٍ باردٍ، وبذلك فالرؤية بالأشعّة تحت الحمراء لن تكشفها لنا؛ لأنّها ستتلوّن لتبدو مثل باب الغرفة وبقيّة جدرانها.

في الكون، تقدِّم نافذة الأشعّة تحت الحمراء فائدةً كبيرةً في سبْر السُّحُب الكثيفة التي تشكِّل حاضناتٍ نجميّةً، وغالباً ما تستتر النجوم حديثة الولادة ببقايا الغاز والغبار، وتمتصّ هذه السُّحُب معظم الضوء المرئيّ من هذه النجوم التي تحتويها، وتُعيد بعثه في شكل أشعّة تحت الحمراء، ما يجعل نافذة الضوء المرئيّ عديمة الفائدة في اكتشافها، بينما يُمتصُّ الضوء المرئيّ على نحوٍ كثيفٍ بالسُّحُب الغباريّة البينجميّة، وتنتقل الأشعّة تحت الحمراء خلالها بالحدّ الأدنى من معامل الامتصاص[1]، وهو أمرٌ مهمٌّ للغاية للدراسات في مستوى مجرّتنا درب التبّانة؛ لأنّ هذه السُّحُب هي أكثر مكانٍ يُحجَب فيه الضوء المرئيّ المُنبعِث من نجوم مجرّة درب التبّانة، وهنا على كوكب الأرض، تكشف صور الأقمار الصناعيّة لسطح الأرض بالأشعّة تحت الحمراء أشياء عديدة، منها: مسارات التيّارات المحيطية الدافئة مثل تيّار الأطلسيّ الشماليّ، الذي يصل إلى الجُزر البريطانيّة (وهي أبعد شمالاً من ولاية ماين) ويحميها من أن تتحوّل إلى ملعبٍ كبيرٍ للتزلّج على الجليد.

تشتمل الطاقة التي تنبعث من الشمس، والتي تبلغ درجة حرارة سطحها قرابة 6,000 درجة كلفن، على مقدار كبير من الأشعة تحت الحمراء، ولكن هذه الطاقة تبلغ ذروتها في الجزء المرئي من الطيف، تماماً مثل حساسيّة شبكيّة العين البشريّة، وهذا التطابق -إن لم تفكّر به من قبل- هو السبب في أن تكون رؤيتنا في حالتها المُثلى في أثناء النهار، ولو لم يكن هذا التطابق موجوداً، لكان من حقِّنا أنْ نحتجّ على عدم الكفاءة الكاملة للشبكيّة في أعيننا، ولا نفكّر عادةً بالضوء المرئيّ كأشعّةٍ تخترق الأجسام، لكنْ في الواقع يخترق الضوء المرئيّ بسهولةٍ الزجاج والهواء؛ أمّا الأشعّة فوق البنفسجيّة، فتُمتصُّ على الفور من قِبل الزجاج العاديّ؛ لذا لن تختلف نافذةٌ زجاجيّةٌ عن أُخرى مبنيّةٍ بالقرميد لو كانت أعيننا حسّاسةً فقط للأشعّة فوق البنفسجيّة.

تنتج النجوم -التي تفوق حرارتها الشمس بثلاثة، أو أربعة أضعاف- الأشعّة فوق البنفسجيّة على نحوٍ مذهل! لحُسن الحظّ، هذه النجوم ساطعةٌ أيضاً في الجزء المرئيّ من الطيف؛ لذا لا يعتمد اكتشافها على تلسكوبات كاشفةٍ للأشعّة فوق البنفسجيّة. تمتصّ طبقة الأوزون الموجودة في غلافنا الجويّ معظم الأشعّة فوق البنفسجيّة، والأشعّة السينيّة، وأشعّة غاما التي تصطدم

(1) مُعامل الامتصاص، أو مُعامل التّوهين: هو قيمةٌ تحدّد نفاذ الضوء، أو الصوت، أو جُسيم ما في مادّةٍ ما، فإذا كان مُعامل الامتصاص كبيراً فيعني أنّ وَهناً، أو ضعفاً كبيراً يحدث للشعاع النافذ في المادّة خلال تخلخله فيها. (م).

بها؛ لذا يتطلّب الحصول على تحليلٍ مفصّلٍ لهذه النجوم تجميع البيانات من مدار الأرض، أو ما بعده، وتمثّل هذه النوافذ عالية الطاقة في الطيف تخصُّصاتٍ فرعيّةً حديثةً نسبيّاً في الفيزياء الفلكيّة.

كانت جائزة نوبل الأولى في الفيزياء، التي نالها الفيزيائيّ الألمانيّ فيلهلم كونراد رونتغن عام 1901 عن اكتشافه الأشعّة السينيّة، بُشرى لقرنٍ جديدٍ من الرؤية المتوسّعة. تكشف الأشعّة فوق البنفسجيّة، والأشعّة السينيّة، وجودَ أحد أكثر الأجسام غرابةً في الكون: الثقوب السوداء، ولا يبعث الثقب الأسْود أيّ ضوءٍ قوّة جاذبيّته قويّة للغاية إلى درجةٍ لا يمكن للضوء الإفلات منه؛ لذا نستدلُّ على وجوده من الطاقة التي تنبعث من المادّة المُتدفِّقة حلزونيّاً على سطحه من نجمٍ مُصاحبٍ له، ويشبه الثقب الأسْود الماء الذي يلتفُّ حلزونيّاً نزولاً في بالوعة المِغسلة، ومع درجات حرارةٍ تفوق درجة حرارة سطح الشمس بعشرين ضعفاً، فإنّ الأشعّة فوق البنفسجيّة، والأشعّة السينيّة، هي الشكل السائد للطاقة المُنبعِثة من المادّة قبل نزولها في الثقب الأسْود.

لا يتطلّب الاكتشاف أنْ تفهم ما حصل قبل الفعل، أو بعده؛ هذا ما حدث مع اكتشاف إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ، وما يحدث الآن مع ما نرصده من رشقات أشعّة غاما، كما سنرى في القسم 6. كشفت نافذة أشعّة غاما عن رشقاتٍ غامضةٍ تحمل طاقةً عاليةً منتشرةً في السماء، وجاء هذا الاكتشاف من خلال التلسكوبات الفضائيّة الحسّاسة لأشعّة غاما، وما زال أصلها وسببها مجهولين.

إذا وسّعنا مفهوم الرؤية ليشمل الكشف عن الجُسيمات دون الذريّة، فسنصل إلى جُسيم النيوترينو، كما رأينا في القسم 2، فإنّ النيوترينو هو جُسيمٌ دون ذريّ، ويظهر في كلّ مرّةٍ يتحوّل فيها البروتون إلى نيوترون عادي وبوزيترون، الذي هو الجُسيم المُضادّ للإلكترون، وبقدْر ما تبدو العمليّة غامضةً، فإنّها تحدث في قلب الشمس قرابة مئة مليار مليار مليار مليار (10^{38}) مرّةٍ في الثانية الواحدة، وبعد ذلك تخرج النيوترينوات مباشرةً من الشمس كما لو أنّها لم تكن هناك على الإطلاق، وإذا توصّلنا إلى تلسكوب «نيوترينوي» فيمكننا حينها أن نرى مباشرةً نواة الشمس وانصهارها النوويّ الحراريّ المستمرّ، الذي لا يمكن لأيّ جزءٍ من الطيف الكهرومغناطيسيّ أن يكشفه، لكنْ في الواقع من الصعب للغاية التقاط جُسيمات النيوترينو؛ لأنّها لا تتفاعل أبداً مع المادّة، لذا فالتلسكوب النيوترينوي الفعّال هو حُلمٌ بعيد المنال، إنْ لم يكن أمراً مستحيلاً.

الكشف عن الأمواج الثقاليّة هو نافذةٌ أُخرى على الكون، لكنّها بعيدة المنال، ومن شأنها أن تكشف عن أحداثٍ كونيّةٍ هائلة، لكنْ حتّى لحظة كتابة هذه السطور، لم يُكشَف عن أمواج

ثقاليّة من أيّ مصدرٍ في الكون، التي تنبأت بوجودها نظريّة النسبيّة العامّة لأينشتاين عام 1916 على أنّها أمواجٌ في نسيج الزمكان. يعمل الفيزيائيّون في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا على تطوير كاشفٍ متخصّصٍ للأمواج الثقاليّة يتكوّن من أنبوبٍ مُفرّغٍ له شكل حرف L بذراعين يبلغ طول كلٍّ منهما 2.5 ميل، يمرّ عبْر كلٍّ منهما شعاعٌ ليزريّ. إذا اصطدمت موجةٌ ثقاليّةٌ بإحدى الذراعين، فإنّ مسار الضوء سيختلف مؤقتاً عن الذراع الأُخرى بمقدارٍ ضئيل. تُعرف التجربة بـ(لايغو (LIGO))[1] -مرصد تداخل الأمواج الثقاليّة مع اللّيزر، وسيكون حسّاساً بما فيه الكفاية لاكتشاف الأمواج الثقاليّة الناجمة عن تصادم النجوم على بُعد أكثر من 100 مليون سنة ضوئيّة[28].

يمكن للمرء أن يتخيّل وقتاً ما في المستقبل حين تصبح مراقبة الأحداث الثقاليّة في الكون -من تصادماتٍ، وانفجاراتٍ، وانهيارات نجوم- أمراً مُعتاداً في هذا المرصد، في الواقع، قد نقوم في يومٍ من الأيّام بفتح هذه النافذة واسعاً بما يكفي لرؤية ما وراء الجدار الغامض لإشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ، لنكشف بداية الزمن نفسه.

---

(1) laser interferometer gravitational-wave observatory: في 11 شباط 2016، أعلنت منظومة مرصد لايغو (LIGO) «Scientific Collaboration and Virgo Collaboration» عن

. جرى الرصد في مرصدَي المنظومة: الأوّل في

هانفورد في واشنطن، والثاني في ليفينغستون في لويزيانا، في 14 أيلول 2015 وفي اللّحظة نفسها تقريباً. وهذا يؤكّد التنبؤ الرئيس لنظريّة النسبيّة العامّة لآينشتاين منذ مئة عام. انظر الموقع الرسميّ للمنظومة، الأرشيف: (م).

- 17 -

ألوان الكون

يوجد عددٌ قليلٌ من الأجرام في سماء اللّيل على كوكب الأرض، الساطعة بما يكفي لتعمل الخلايا المخروطيّة في شبكيّة العين البشريّة على تمييز ألوانها، ويمكن للمرّيخ، الكوكب الأحمر، أن يفعل ذلك، كما يمكن للنجم العملاق الأزرق (ركبة الجبّار)، والعملاق الأحمر (منكب الجبّار) من كوكبة الجبّار أن يفعلا ذلك أيضاً، لكنْ بصرف النظر عن هذه النقاط البارزة في السماء، فإنّ رصْد نقاطٍ أُخرى بألوانٍ مميّزةٍ أمرٌ صعبٌ نسبيّاً؛ بدون مساعدةٍ، يبدو الفضاء للعين المجرّدة مكاناً مظلماً عديم اللّون.

لن يُظهِر الكون ألوانه حتّى نقوم بتوجيه تلسكوبات ضخمة نحوه. للأجسام المتوهّجة مثل النجوم ثلاثة ألوانٍ رئيسة: الأحمر، والأبيض، والأزرق، وهي حقيقةٌ كونيّةٌ كانت ستُسعِد الآباء المؤسِّسين لأمريكا، ويمكن للسُّحُب الغازيّة البينجميّة أن تأخذ عمليّاً أيّ لونٍ، اعتماداً على العناصر الكيميائيّة التي تحويها، واعتماداً على كيفيّة التقاط صورها، بينما يتبع لون النجم مباشرةً درجة حرارة سطحه، إمّا نجوم باردة، وإمّا ساخنة. النجوم الفاترة ذات لونٍ أبيض، والنجوم الساخنة ذات لونٍ أزرق، والنجوم الساخنة جدّاً ذات لونٍ أزرق أيضاً. ماذا عن أكثر الأماكن سخونةً، مثلاً: مركز الشمس الذي تبلغ درجة حرارته 15 مليون درجة؟ إنّه أزرق. بالنسبة إلى علماء الفيزياء الفلكيّة، يترك اللّون الأحمر مكانه المُعتاد للّون الأزرق؛ الأمر بهذه البساطة، أم إنّه ليس كذلك؟

تتآمر القوانين الفيزيائيّة مع الفيزيولوجيا البشريّة؛ ليمنعا وجود النجوم الخضراء. ماذا عن النجوم الصفراء؟ بعض المراجع الفلكيّة، والعديد من قصص الخيال العلميّ، وتقريباً كلّ شخصٍ يمشي في الشارع، يُجمعون على أنّ الشمس صفراء، مع ذلك، يُقسِم المصوّرون المحترفون أنّ

الشمس زرقاء؛ الألوان في فيلم «*Daylight*» معدّلةٌ بالاعتماد على أنّ مصدر الضوء الأساسيّ (غالباً ضوء الشمس) أزرق، ومكعّبات ضوء الفلاش الأزرق القديمة هي مثال على محاولة محاكاة ضوء الشمس الأزرق في أثناء التصوير الداخليّ باستعمال أفلام النهار، ومع ذلك، يجادل بعض الفنانين في أنّ الشمس بيضاء نقيّة، ما يتيح لهم أدقّ مشهدٍ لصبغات الألوان التي يستعملونها.

لا شكّ في أنّ الشمس تكتسب اللّون الأصفر بالقرب من الأفق في أثناء شروق الشمس وغروبها، لكنْ عند الظهيرة، عندما يكون تشتيت الغلاف الجويّ للضوء في أقلّ درجاته، لا يمكن للّون الأصفر أن يخطر في الذهن. في الواقع، يجعل مصدر الضوء الأصفر الأشياء البيضاء تبدو صفراء؛ لذا لو كانت الشمس صفراء، لظهر الثلج باللّون الأصفر، سواء كان بقربها قاذف لهبٍ أم لا.

بالنسبة إلى عالِم الفلك، تكون للأجسام «الباردة» درجات حرارةٍ سطحيّة تتراوح بين 1,000 و 4,000 درجة كلفِن، وتوصَف عموماً بأنّها حمراء، ومع ذلك، نجد أنّ سلك التنغستن المتوهّج داخل المصباح العاديّ يبدو أبيض، على الرغم من أنّ حرارته لا تتجاوز 3,000 كلفِن؛ إذْ ينصهر التنغستن بدرجة حرارة 3,680 كلفِن. تصبح الأجسام ذات الحرارة الأقلّ من 1,000 كلفِن أقلّ سطوعاً في الجزء المرئيّ من الطيف، والأجسام الكونيّة ذات درجات الحرارة هذه هي النجوم الفاشلة، وندعوها «الأقزام البُنّيّة» مع أنّها ليست بُنّيّة، ولا ينبعث منها أيّ ضوءٍ مرئيٍّ على الإطلاق. أمرٌ محيّرٌ بالفعل!

حسناً، بالمناسبة، الثقوب السوداء ليست سوداء حقّاً؛ في الواقع، إنّها تتبخّر ببطءٍ شديدٍ، عن طريق إصدار كميّاتٍ صغيرةٍ من الضوء من حافّة أفق الحدث، في عمليّةٍ وصفها لأوّل مرّةٍ الفيزيائيّ ستيفن هوكينغ، واعتماداً على كتلة الثقب الأسْود، يمكن له أن يبعث أيّ شكلٍ من أشكال الضوء، وتنهي الثقوب السوداء الصغيرة حياتها، وهي الثقوب التي تتبخّر على نحوٍ أسرع، في وميضٍ هائلٍ من الطاقة غنيٍّ بأشعّة غاما وبالضوء المرئيّ.

تُظهِر الصور العلميّة الحديثة التي تعرضها شاشات التلفاز، والمجلّات، والكتب، ألوناً زائفةً؛ (أي: معكوسة) في أغلب الأحيان، ويتمادى مُعِدّو نشرة الأحوال الجويّة في التلفاز في هذا الأمر؛ إذْ يرمزون لهطول الأمطار الغزيرة بلونٍ ما، وإلى الأمطار الخفيفة بلونٍ آخر، وأيضاً، عندما يقوم علماء الفيزياء الفلكيّة بإنشاء صورٍ للأجسام الكونيّة، فإنّهم يخصّصون تسلسلاً اعتباطيّاً للألوان للمجالات التي تمتدّ عليها درجات سطوع الصورة، ويمكن أن يكون الجزء الأكثر سطوعاً باللّون

الأحمر، والأقلّ سطوعاً بالأزرق؛ لذا لا يكون للألوان التي نراها في الصور أيّة علاقةٍ بالألوان الحقيقيّة للجسم، وكما في الأرصاد الجويّة، تحتوي الصور على تسلسلاتٍ لونيّةٍ مرتبطةٍ بخصائصَ أُخرى، مثل: التركيب الكيميائيّ للجسم، أو درجة حرارته، ومن غير النادر رؤية صورةٍ لمجرّةٍ حلزونيّةٍ جرى ترميزها بالألوان حسب حركة دورانها: الأجزاء القادمة نحونا بالظلال الزرقاء، والتي تتحرك بعيداً بالظلال الحمراء، وفي هذه الحالة، تُذكِّر الألوان بانتقالات دوبلر المعروفة، التي تكشف عن حركة جسمٍ ما.

بالنسبة إلى خريطة إشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ المشهورة، بعض المناطق أكثر سخونةً من المتوسّط، بينما بعضها الآخر أكثر برودةً، ويمتدّ نطاق درجات الحرارة إلى أجزاء من مئات الآلاف من الدرجة. كيف يمكن إظهار هذه الحقيقة؟ بجعل النقاط الساخنة زرقاء، والباردة حمراء، أو العكس، وفي كلتَي الحالتين، سيظهر أيّ تقلّبٍ صغيرٍ جدّاً في الحرارة بصفته اختلافاً واضحاً في الصورة.

في بعض الأحيان، يرى العامّة صورةً بألوانٍ كاملةٍ لجسمٍ كونيٍّ صُوِّرَ باستعمال ضوءٍ غير مرئيٍّ، مثل: الأشعّة تحت الحمراء، أو أشعّة الراديو، وفي معظم هذه الحالات، نعيِّن ثلاثة ألوانٍ، وعادةً ما تكون: أحمر، وأزرق، وأخضر، لثلاث مناطق مختلفةٍ داخل النطاق، وبهذه الطريقة يمكننا إنشاء صورةٍ بالألوان الكاملة كما لو أنّنا ولدنا مع القدرة على رؤية الألوان في هذه الأجزاء غير المرئيّة من الطيف.

الدرس الذي نتعلّمه من ذلك هو أنّ الألوان الشائعة بأساليب التعبير الشائعة يمكن أن تعني أشياء مختلفة تماماً للعلماء عمّا يمكن أن تعنيه لأيّ شخصٍ آخر، وعندما يختار العلماء الحديث بوضوحٍ في مناسبةٍ ما، فإنّهم يملكون أدواتٍ وأساليبَ تحدّد اللّون الدقيق الذي ينبعث، أو ينعكس عن جسمٍ ما، وعلى نحوٍ يتجنّبون فيه أذواق صانعي الصور، أو فوضويّة تصوُّر وإدراك البشر للألوان، لكنْ هذه الأساليب غريبةٌ للعامّة عموماً؛ إنّها تنطوي على نسبة لوغاريتم التدفُّق المُنبعِث من جسمٍ ما، مُقاساً بوساطة مُرشّحات متعدّدة في نظامٍ مُحدّدٍ جيّداً، ومُصحّحٍ وفقاً لحساسيّة الكاشفات. (كما قلت لكم؛ غريبة). مثلاً: عندما تتناقص هذه النسبة يتحوّل الجسم تقنيّاً إلى اللّون الأزرق بصرف النظر عن اللّون الذي يبدو عليه.

كان لهذه الفوارق في الإدراك البشريّ للألوان أثرها على عالِم الفلك الأمريكيّ بيرسيفال لويل، العالِم المتعصِّب للمرّيخ الذي ذكرناه سابقاً. في أواخر القرن التاسع عشر، وأوائل القرن العشرين، صنع لويل رسوماتٍ مُفصّلةً لسطح المرّيخ، واعتمد على تلسكوب مرصده الذي أنشأه

عام 1894، في مكانٍ مناسبٍ للرصد الفلكيّ فوق هضبة مارس في أريزونا، بسماءٍ صافيةٍ، وهواءٍ جافّ، يقلّل تشوّش مسار الضوء القادم من الكوكب إلى العين، ويبدو سطح المرّيخ، الغنيّ بالحديد، باللّون الأحمر عند أيّ تكبيرٍ لصورته، لكنْ لويل سجّل أيضاً بقعاً خضراء عند تقاطعات ما افترض أنّها قنواتٌ مائيّةٌ صنعتها حضارةٌ مرّيخيّةٌ ما كانت حريصةً على نقل الماء الثمين الموجود في الغطاء الجليديّ القطبيّ للمرّيخ إلى مدنها، وقراها الصغيرة، وأراضيها.

دعونا الآن من القلق بشأن آراء لويل الغريبة، ولنركّز عوضاً عن ذلك على قنواته المُفترَضَة وبقعه الخضراء، وكان بيرسيفال ضحيّةً لاثنين من الأوهام البصريّة المعروفة: الوهم الأوّل: هو محاولة الدماغ -في الظروف كلّها تقريباً- إنشاء ترتيبٍ لأيّة عناصر عشوائيّة لا تحوي أيّ ترتيبٍ على الإطلاق، وأكثر الأمثلة شيوعاً لهذا الوهم هي نجوم الأبراج في السماء، التي كانت نتيجةً لمخيّلة بعض الأشخاص الذين استلقوا تحت سماء اللّيل، ثمّ أعلنوا أنّ هناك نظاماً في مجموعاتٍ عشوائيّةٍ من النجوم، وبالمثل، فإنّ دماغ لويل فسّر خطوط سطح أرض المرّيخ وغلافه الجويّ غير المترابطة على أنّها أنماطٌ محدّدةٌ تمثّل نظام قنواتٍ مائيّةٍ واسعة النطاق.

أمّا الوهم الثاني: فهو وهمٌ لونيٌّ؛ حيث يؤدّي النظر إلى اللّون الرماديّ بجانب اللّونين: الأصفر، والأحمر إلى ظهوره باللّون الأخضر المُزرَق، وهو تأثيرٌ كان أوّل من أشار إليه الكيميائيّ الفرنسيّ ميشيل أوجين شيفرول عام 1839. سطح المرّيخ أحمر قاتم، مع مناطق ذات لونٍ بنّيٍّ رماديٍّ، وينشأ اللّون الأخضر المُزرَق من تأثيرٍ فيزيولوجيٍّ؛ حيث تظهر منطقةُ اللّون المحايد المُحاطة باللّون البرتقاليّ المُصفَر باللّون الأخضر المُزرّق للعين البشريّة.

هناك تأثير فيزيولوجي عجيب آخر، حيث يميل الدماغ إلى موازنة ألوان إضاءة البيئة التي نوجد فيها. على سبيل المثال: إذا كنت في غابة مَطيرة فإن كل الضوء الذي ينفذ إلى أرض الغابة يكون تقريباً باللون الأخضر (لمروره عبر أوراق الشجر)، إذاً يجب أن تبدو ورقة بيضاء كالحليب باللون الأخضر. لكنها لا تبدو كذلك. يقوم دماغك بإظهارها باللون الأبيض بالرغم من ظروف الإضاءة.

وفي مثالٍ أكثر شيوعاً، إذا مررت في اللّيل بجانب نافذة منزلٍ، وكان الأشخاص الموجودون داخل الغرفة يشاهدون التلفاز، والأضواء مُطفأةٌ؛ أي: إنّ التلفاز هو مصدر الإضاءة الوحيد في الغرفة، فستظهر لك جدرانُ الغرفة باللّون الأزرق، لكنّ أدمغة الأشخاص الموجودين في الداخل ستوازن ألوان الجدران المحيطة بهم، بحيث لا يلحظون مثل هذا التأثير، ربّما كان هذا التأثير الفيزيولوجيّ سبباً كي لا يلْحظ سكّان المرّيخ الخياليّون أنّ طبيعة كوكبهم التي تحيط بهم ذات لونٍ أحمر. في الحقيقة، إنّ الصور الأولى التي التقطتها مركبتا الفضاء: فايكنغ 1 و2 اللّتان هبطتا

على سطح المرّيخ عام 1976، كانت باهتةً، لكنْ لُوِّنَتْ باللّون الأحمر القاتم لكي تتلاءم مع توقّعات الصحافة والإعلام.

في منتصف القرن العشرين، جرى تصوير سماء اللّيل على نحوٍ منهجيٍّ من موقعٍ خارج سان ديغو في كاليفورنيا، وكانت قاعدة البيانات الأساسيّة هذه، المعروفة باسْم مرصد بالومار الفلكيّ لمسح السماء، بمنزلة الأساس لعمليّات الرصد المستهدَفة والمستمرّة للكون على مدى جيلٍ كاملٍ، وقام المصوِّرون الفلكيّون بمسح السماء مرّتين، اعتماداً على تعريضٍ ضوئيٍّ متطابقٍ لنوعين مختلفين من أفلام كوداك بالأبيض والأسود، والفيلمان شديدا الحساسيّة، أحدهما للّون الأزرق، والآخر للّون الأحمر. (تجدر الإشارة هنا إلى أنّ لدى شركة كوداك قسماً كاملاً مهمّته هي خدمة الحدود القصوى لعلماء الفلك، الذين ساعدت تلبية حاجاتهم في دفع البحث والتطوير في شركة كوداك إلى أقصى الحدود). إذا أثار جسمٌ سماويٌّ اهتمامك، فستفحص كلتَي الصورتين: الزرقاء، والحمراء كمؤشّرٍ أوّليٍّ على نوعيّة الضوء الذي يبعثه، على سبيل المثال: الأجسام ذات اللّون الأحمر القويّ ستكون ساطعةً في الصورة الحمراء، ولكنّها بالكاد ستُرى في الصورة الزرقاء، هذا النوع من المعلومات يعطي القائمين على برامج الرصد اللّاحقة أفكاراً عن الجسم المُستهدَف للدراسة.

على الرغم من حجمه المتواضع مقارنةً مع التلسكوبات الأرضيّة الضخمة، فإنّ تلسكوب هابل الفضائيّ الذي يبلغ قطر مرآته 94 إنشاً، التقط صوراً ملوّنةً مذهلةً للكون، ومعظم هذه الصور التي لا تُنسى تشكّل جزءاً من مشروع «تراث هابل» الذي سيُخلِّد إرث التلسكوب الفضائيّ في قلوب وعقول الناس. ما يفعله علماء الفيزياء الفلكيّة لصنع صورٍ ملوّنةٍ سيفاجئ أغلب الناس؛ أوّلاً: نحن نستخدم تقنيّة CCD[1] ذاتها الموجودة في الكاميرات المنزليّة، باستثناء أنّنا استخدمناها قبل عشر سنوات من انتشار استخدامها، وأنّ أجهزة الكشف الخاصّة بنا ذات جودةٍ أعلى بكثير. ثانياً: نقوم بتنقية الضوء بعشرات الطرائق قبل أن يصطدم بالحسّاس الضوئي CCD، ولصورةٍ ملوّنةٍ عاديّةٍ، نحصل على ثلاث صورٍ متتاليةٍ للجسم خلال المُرشّحات الثلاثة ذات النطاق الواسع: الأحمر، والأخضر، والأزرق، وعلى الرغم من أسمائها، فإنّ هذه المرشّحات الثلاثة تغطّي مع بعضها الطيف المرئيّ بأكمله، وبعد ذلك تدمج الصور الثلاثة في برنامج يعمل على نحوٍ مشابهٍ لما يحدث في دماغك عندما يتلقّى الإشارات من المخاريط الحمراء، والخضراء، والزرقاء،

(1) تحتوي الكاميرات الرقميّة عوضاً عن الفيلم على حسّاساتٍ ضوئيّةٍ تقوم بتحويل الضوء إلى شحناتٍ كهربائيّةٍ، وأكثر تقنيّات الحسّاسات الضوئيّة انتشاراً هي تقنيّة Charged Coupled Device؛ أيْ: جهاز اقتران الشحنة. (م).

الموجودة في شبكيّة عينك، يولِّد هذا صورةً ملوّنةً مشابهةً إلى حدٍّ كبيرٍ لما يمكنك أن تراه لو بلغ قطرُ حدقة عينك 94 إنشاً.

لنفترض أنّ جسماً ما يبعث ضوءاً بقوّةٍ عند أطوالٍ موجيّةٍ محدّدةٍ بسبب الخواصّ الكموميّة لذرّاته وجزيئاته، فإذا علمنا ذلك مسبقاً، واستعملنا مُرشّحات ضُبِطَت لهذه الانبعاثات، فيمكننا تضييق مجال حساسيّة صورنا إلى هذه الأطوال الموجيّة فقط، عوضاً عن استعمال النطاق الواسع: (الأحمر، والأخضر، والأزرق). ما النتيجة من ذلك؟ سنحصل على ميزاتٍ دقيقةٍ من هذه الصورة، ونكشف عن بُنيةٍ ونسيجٍ لم يكونا ليُلحظا في الصور العاديّة، وهناك مثالٌ جيّدٌ لهذا نجده قريباً منّا في الكون؛ كوكب المشتري. أعترف أنّني لم أرَ بالفعل البقعة الحمراء الشهيرة لكوكب المشتري من خلال التلسكوب، وإنّ أفضل طريقةٍ لرؤيتها هي من خلال مُرشّحٍ يعزل الأطوال الموجيّة الحمراء للضوء الصادر من الجزيئات الموجودة في سُحُبه الغازيّة المحيطة به.

في المجرّة، يبعث الأكسجين لوناً أخضر نقيّاً عند العثور عليه بالقرب من مناطق تكوُّن النجوم، وسط الغاز المتخلخل للفضاء البينجمي (هذا هو عنصر «النيبوليوم» الغامض الذي ذكرناه سابقاً). قُم بتصفية الصورة وستظهر بصمة الأكسجين عبر الكاشف غير الملوّث بأيّ ضوءٍ أخضر محيطٍ يؤثّر على المشهد، ويأتي اللّون الأخضر اليانع الذي يظهر في العديد من صور هابل من انبعاثات الأكسجين. قُم بتصفية الأنواع الذريّة، أو الجزيئيّة الأُخرى لتصبح الصور الملوّنة مسباراً كيميائيّاً للكون، ويقوم تلسكوب هابل الفضائيّ بهذه المهمّة على نحوٍ جيّدٍ جدّاً؛ حيث يحمل معرض الصور الملوّنة التي التقطها شبهاً قليلاً لصور RGB (الأحمر، والأخضر، والأزرق) الكلاسيكيّة الأُخرى التي التقطها علماء آخرون للفضاء، الذين حاولوا محاكاة استجابة العين البشريّة للألوان.

يحتدم النقاش حول ما إذا كانت صور هابل هذه تحوي ألواناً «حقيقيّةً» أم لا، ويمكننا تأكيد أمرٍ واحدٍ؛ أنّها لا تحوي ألواناً «زائفة»، وأنّها الألوان الفعليّة المُنبعِثة من أجسامٍ وظواهرَ فلكيّةٍ فعليّة، لكنْ يصرُّ المتشدّدون على أنّنا نُسيء تقديم العِلم للجمهور بسبب عدم إظهار ألوان الكون كما يمكن للعين البشريّة أن تراها، مع ذلك، أؤكّد أنّه إذا كانت شبكيّة العين لديك قابلةً للضبط الضوئيّ على نطاقٍ ضيّقٍ، فسترى تماماً ما تراه عدسة تلسكوب هابل، وأؤكّد أيضاً أنّ عبارتي السابقة ليست بأقلّ خياليّة من عبارة: «إذا كانت عيناك بحجم التلسكوبات الكبيرة».

يبقى لدينا السؤال: إذا جمعنا الضوء المرئيّ للأجسام الباعثة للضوء في الكون جميعها، فما اللّون الذي سنحصل عليه؟ وبعبارةٍ أبسط، ما لون الكون؟ لحُسن الحظّ، قام بعض الأشخاص بالإجابة عن هذا السؤال: بعد تقريرٍ خاطئٍ بأنّ لون الكون عبارة عن تقاطعٍ بين الزبرجد

المتوسّط والفيروزيّ الفاتح، قام كارل غلازيبروك وإيفان بالدري من جامعة جونز هوبكينز بتصحيح الحسابات، وحدّدوا أنّ لون الكون هو ظلٌّ فاتحٌ من لون الصوف الطبيعيّ (لون البيج)، أو ربّما لون القهوة الفاتح، وجاء هذا الاكتشاف اللونيّ بعد دراسةٍ استقصائيّةٍ لأكثر من 200,000 مجرّة، تشغل مساحةً واسعةً ومُعتبَرة من الكون.

اخترع عالِم الفلك الإنجليزيّ السير جون هيرشيل التصوير الفوتوغرافيّ الملوّن، ومع الارتباك الممتزج بالفرح لدى الناس، ظلّ علماء الفيزياء الفلكيّة يعبثون بهذه العمليّة منذ ذلك الحين، وسيواصلون ذلك إلى الأبد.

- 18 -

بلازما الكون

يحدث أحياناً أن تتداخل مفردات الطِّب مع عالَم الفيزياء الفلكيّة، مثلاً: تحتوي الجمجمة البشريّة على «مَدارين» يشكِّلان التجويفين الدائريّين؛ حيث تتوضّع مقلتا العينين؛ وتوجد الضفيرة «الشمسيّة» وسط الصدر حسب عِلم الطاقة، ولأعيننا «عدسات» طبعاً، لكنّ جسدنا لا يحوي نجوماً ومجرّات، وبالنسبة إلى المدارات والعدسات، فإنّها تحمل معانيَ متشابهةً إلى حدٍّ كبيرٍ في الاستخدام الطبيّ والفيزيائيّ الفلكيّ، بينما نجد أنّ مصطلح «البلازما» شائعٌ في كلٍّ من التخصُّصين، إلّا أنّ المعنى يختلف تماماً: إنّ نقل بلازما الدم يمكن أن ينقذ حياتك، لكنّ أصغر مواجهةٍ لك مع فقاعةٍ متوهِّجةٍ من البلازما الكونيّة التي تبلغ درجة حرارتها مليون درجة، تنتهي بأنْ تحوِّلك إلى نفخةٍ من الدخان.

تلفت البلازما الفلكيّة نظرنا بكونها موجودةً في كلّ مكان، ومع ذلك فهي بالكاد تُذكر في المراجع، أو في الصحافة الشعبيّة. في الكتابات الشائعة، تُدعى البلازما غالباً «الحالة الرابعة للمادة» نظراً إلى امتلاكها مجموعةً كبيرةً من الخصائص التي تميّزها عن الموادّ الصلبة، والسوائل، والغازات المألوفة، وتحتوي البلازما على ذرّاتٍ وجزيئاتٍ تتحرّك بحرّيّة، تماماً مثل الغاز، لكنْ يمكن للبلازما أن تنقل الكهرباء إضافةً إلى التقاطها الحقول المغناطيسيّة التي تمرّ عبرها. معظم الذرّات داخل البلازما تكون مجرَّدةً من إلكتروناتها بطريقةٍ، أو أُخرى، لكنّ مزيج الحرارة المرتفعة مع الكثافة المنخفضة يجعل الإلكترونات نادراً ما تتجمّع مع ذرّاتها المضيفة. إجمالاً، تظلّ البلازما محايدةً كهربائيّاً؛ لأنّ العدد الإجماليّ للإلكترونات (ذات الشحنة السالبة) يساوي إجماليّ عدد البروتونات (ذات الشحنة الموجبة)، لكنْ في الداخل، تغلي البلازما بتيّاراتٍ كهربائيّةٍ، وحقولٍ مغناطيسيّةٍ؛ ولذا فهي لا تشبه صفات الغاز المثاليّ كما تعلّمناها في دروس الكيمياء في المدرسة الثانويّة.

غالباً ما يُقزِّم تأثير المجالات الكهربائيّة والمغناطيسيّة في المادّة من تأثير الجاذبيّة؛ فقوّة التجاذب الكهربائيّ التي تربط بين بروتون وإلكترون هي أقوى بـ 10^{40} من قوّة التجاذب الثقاليّ بينهما، والقوّة الكهرومغناطيسيّة قويّةٌ إلى درجة أنّ باستطاعة طفلٍ أن يرفع في الهواء بسهولةٍ مشبكَ ورقٍ معدنياً فوق الطاولة بوساطة مغناطيسٍ على الرغم من جاذبيّة الأرض الهائلة التي تسحبه إلى الأسفل. أتريد مثالاً أكثر إثارةً للاهتمام؟ حسناً، إذا استطعت فصل الإلكترونات جميعها عن الذرّات في ميليمتر مكعّبٍ واحدٍ، ووضعت هذا المكعّب في مقدّمة مكّوكٍ فضائيٍّ، وقمت بتثبيت هذه الإلكترونات جميعها على قاعدة انطلاق المكّوك، فإنّ قوّة الارتباط بين الذرّات المجرّدة من إلكتروناتها في أعلى المكّوك، والإلكترونات أسفله، ستمنع المكّوك من الانطلاق، حتّى لو قمتَ بتشغيل المحرّكات جميعها فلنْ ينطلق المكّوك، ولو حمل روّاد فضاء أبولو معهم مقداراً أقلّ من إصبعٍ صغيرٍ من إلكترونات غبار القمر (بينما تركوا على سطح القمر الذرّات التي فُصلت عنها هذه الإلكترونات)، فستتجاوز قوّة الانجذاب بينها قوّة التجاذب الثقاليّ بين الأرض والقمر في مداره.

البلازما الأكثر وضوحاً على الأرض هي النار، والبرق، والشُّهُب، وطبعاً الصدمة الكهربائيّة التي تصيبك بعد أن تتجوّل على أرض الغرفة بجوارب من الصوف، ثمّ تلمس مقبض الباب. التفريغ الكهربائيّ هو عبارة عن أعمدةٍ مُرتجّةٍ من الإلكترونات التي تتحرك فجأةً عبر الهواء عندما يتجمّع الكثير منها في مكانٍ واحدٍ، وفي أثناء العواصف الرعديّة، يضرب البرق الأرض آلاف المرّات في الساعة، فيتحوّل عمود الهواء الذي يبلغ عرضه 1 سم، والذي ينتقل عبره البرق، إلى بلازما في جزءٍ من الثانية حين يتوهّج، وحينها تكون حرارته قد ارتفعت إلى ملايين الدرجات بوساطة هذه الإلكترونات المتدفّقة.

كلّ شهابٍ هو جُسيمٌ صغيرٌ من الحطام بين الكوكبي، يتحرك بسرعةٍ كبيرةٍ بحيث يحترق في الهواء، ويسقط من دون أن يسبّب أذى كغبارٍ كونيٍّ على الأرض. يحدث الأمر نفسه تقريباً للمركبة الفضائيّة التي تعود إلى الأرض، وتدخل الغلاف الجويّ، نظراً إلى أنّه لا يجب أن تهبط المركبة بالسرعة المداريّة التي تبلغ 18,000 ميل في الساعة (قرابة 5 أميال في الثانية)، لا بدّ من أن تذهب هذه الطاقة الحركيّة إلى مكانٍ ما، وبالفعل، تتحوّل الطاقة الحركيّة إلى حرارةٍ عند مُقدِّمة المركبة في أثناء إعادة الدخول في الغلاف الجويّ، وتُحمى منها بوساطة دروع الحرارة الخاصّة بالمركبة، وبهذه الطريقة، بخلاف الشُّهُب، لا يصل روّاد الفضاء إلى الأرض كغبارٍ كونيّ. لعدّة دقائق في أثناء الهبوط، تكون الحرارة شديدةً إلى درجة أنّ كلّ جُزيءٍ يحيط بالمركبة يَتأيّن، ما يغطّي المركبة مؤقّتاً بطبقةٍ من البلازما لا يمكن لأيٍّ من إشارات اتّصالاتنا أنْ تخترقها؛

هذه هي فترة الانقطاع الشهير للاتّصالات، التي تتوهّج فيها المركبة، ولا يمكن لوحدة التحكّم على الأرض أن تعرف شيئاً عن روّاد الفضاء خلالها، مع استمرار تباطؤ المركبة في الغلاف الجويّ، تنخفض درجة الحرارة، وتزداد كثافة الهواء، فتتلاشى طبقة البلازما المحيطة بالمركبة؛ حيث تعود الإلكترونات إلى ذرّاتها، وتُستعاد الاتّصالات بسرعة.

من النادر نسبياً وجود البلازما على الأرض، إلّا أنّها تشكّل أكثر من 99.99% من المادّة المرئيّة في الكون، ويشمل هذا الحساب النجوم والسُّحُب الغازيّة المتوهّجة كلّها، وأغلب الصور الجميلة التي التقطها تلسكوب هابل الفضائيّ للسُّدُم في مجرّتنا، تصوِّر السُّحُب الغازيّة الملوّنة على شكل بلازما، ويتأثّر شكل بعض هذه السُّحُب وكثافتها بقوّة بوجود حقولٍ مغناطيسيّةٍ من مصادرَ قريبة، ويمكن للبلازما أن تثبّت الحقل المغناطيسيّ في مكانه، وأن تقوم بفتله، أو تشكيله بطريقةٍ أُخرى، يُعدّ هذا التزاوج بين البلازما والحقل المغناطيسيّ سِمةً رئيسةً لدورة نشاط الشمس التي تمتدّ 11 عاماً. يدور الغاز المحيط بخطّ استواء الشمس أسرع قليلاً من الغاز الموجود عند قطبيها، وهذا ليس خبراً جيّداً لنشاط الشمس العام، مع ارتباط الحقل المغناطيسيّ للشمس في البلازما الخاصّة بها، يتعرّض هذا الحقل للتمدّد والالتواء. البقع الشمسيّة، والتوهّجات، والشواظّ الشمسيّة، وغيرها من الظواهر الشمسيّة، تظهر وتختفي بينما يضرب الحقل المغناطيسيّ الشرِس سطحَ الشمس حاملاً معه البلازما الشمسيّة.

بسبب هذه الحوادث العنيفة كلّها، تقذف الشمس ما يصل إلى مليون طنّ في الثانية من الجُسيمات المشحونة إلى الفضاء، بما في ذلك الإلكترونات، والبروتونات، ونوى الهيليوم المجرّدة من إلكتروناتها، ويُعرف تيّار الجُسيمات هذا، الذي يكون عاصفاً أحياناً، ونسيماً في أحيانٍ أُخرى؛ بالرياح الشمسيّة، وهذه البلازما الشمسيّة هي المسؤولة عن ظهور ذيول المذنّبات في الاتّجاه المعاكس للشمس دائماً عند دورانها بالقرب من الشمس، بصرف النظر عن اتّجاه سير المذنّب، حيث تدفع الرياح الشمسيّة المُنبعِثة من الشمس ذيل المذنّب بعيداً عنها عوضاً عن أن يتبع الذيل مسار المذنّب في مداره، والرياح الشمسيّة هي السبب المباشر أيضاً للشفق القطبي (الأضواء القطبيّة الشماليّة والجنوبيّة)، التي تنتج من تصادمها مع الجُزيئات في الغلاف الجويّ للأرض عند القطبين المغناطيسيّين للكوكب، وليس على كوكب الأرض فحسب، بل على الكواكب ذات الأغلفة الجويّة، والحقول المغناطيسيّة القويّة جميعها. ينتج عن حرارة البلازما والمزيج الذي تحويه أن تتّحد بعض الإلكترونات الحُرّة مع الذرّات المجرّدة من الإلكترونات، حيث تهبط الإلكترونات على نحوٍ متتالٍ في مستويات الطاقة حول النواة، وفي أثناء نزولها من

مستوى طاقةٍ إلى مستوى أخفض تبعث ضوءاً بأطوالٍ موجيّةٍ محدّدة، ويعود الفضل في ألوان الشفق الرائعة إلى صخب الإلكترونات هذا، وكذلك الضوء في مصابيح النيون المنزليّة، وفي كرات البلازما المتوهّجة في محالّ بيع الهدايا.

في هذه الأيّام، توفّر لنا الأقمار الصناعيّة قدرةً غير مسبوقةٍ لمراقبة الشمس، وتحديد أوقات اندفاع الرياح الشمسيّة، كما لو كانت جزءاً من توقّعات الطقس اليوميّة، وكانت أوّل مقابلةٍ تلفزيونيّةٍ لي، في نشرة الأخبار المسائيّة؛ بسبب تقريرٍ لاندفاع بلازما شمسيّة قذفتها الشمس إلى الأرض مباشرةً، وكان الجميع (أو على الأقلّ المراسلون جميعهم) خائفين من أن يتسبّب ذلك بأضرارٍ على الحضارة الإنسانيّة، لكنّني أخبرت المشاهدين ألّا يقلقوا؛ فحقلنا المغناطيسيّ الأرضيّ يحمينا، ودعوتهم إلى الاستمتاع بهذه المناسبة بالتوجّه إلى الشمال، ورؤية الشفق الذي ستسبّبه الرياح الشمسيّة.

إنّ هالة الشمس المتخلخلة، التي تُرى خلال الكسوف الكليّ للشمس بشكل هالةٍ متوهّجةٍ حول قرص الشمس الذي يُظلّله القمر، هي بلازما تبلغ حرارتها 5 مليون درجة، وهي الجزء الخارجيّ من الغلاف الجويّ الشمسيّ، وبحرارتها المرتفعة هذه، تكون الهالة المصدرَ الرئيس للأشعّة السينيّة القادمة من الشمس، ولكن لا يمكن للعين البشريّة رؤيتها، وبالاعتماد على الضوء المرئيّ وحْده، يتسبّب سطوع سطح الشمس ووهجها بضياع رؤية الهالة.

هناك طبقةٌ كاملةٌ من الغلاف الجويّ الأرضيّ؛ حيث تكون الذرّات فاقدةً لإلكتروناتها بسبب الرياح الشمسيّة، ما يجعلها طبقةً من البلازما تغلّف الأرض، ندعوها الأيونوسفير، وتعكس هذه الطبقة تردّداتٍ معيّنةً من أمواج الراديو، بما فيها تردّدات AM في جهاز الراديو الخاصّ بك، وبفضل خصيصة الأيونوسفير هذه، يمكن أن تصل إشارات الراديو AM إلى مئات الأميال بينما يمكن أن تصل «الموجة القصيرة» للراديو إلى آلاف الأميال وراء الأفق، وبالنسبة إلى إشارات FM وإشارات البثّ التلفزيونيّ، فهي ذات تردّداتٍ أعلى بكثير وتمرّ مباشرةً في الغلاف الجويّ، وتسافر في الفضاء بسرعة الضوء؛ يعني ذلك: أنّ أيّة حضارةٍ فضائيّةٍ أُخرى يمكنها أن تتنصّت على برامجنا التلفزيونيّة (يبدو أمراً سيّئاً)، وستستمع إلى الموسيقا التي تبثّها الإذاعات على موجة FM (يبدو أمراً جيّداً)، ولن تعرف شيئاً عن برامج الحوارات السياسيّة التي تبثّها الإذاعات على موجة AM (يبدو أمراً مطمئناً).

غالباً ما تكون البلازما معاديةً للمادّة العضويّة؛ في مسلسل ستار تريك، كان صاحب المهمّة الأكثر خطراً هو الشخص الذي يقوم بدراسة البقع المتوهّجة من البلازما على الكواكب المجهولة

التي يزورونها (أتذكّر أنّه كان يرتدي قميصاً أحمر)، في كلّ مرّةٍ يلتقي فيها هذا الفرد من الطاقم ببقعة بلازما كان يتبخّر، وأعتقد أنّ على أفراد طاقم مركبة فضاء في القرن الخامس والعشرين، الذين يسافرون طوال الوقت في الفضاء كما يظهر في المسلسل، أن يكونوا قد تعلّموا معاملة البلازما باحترام (أو عدم ارتداء اللّون الأحمر على الأقل). انظروا إلينا، نحن في القرن الواحد والعشرين، ولم نسافر إلى أيّ مكانٍ في الفضاء، لكنّنا نعلم أنّ علينا معاملة البلازما بكلّ حذر!

في مركز مفاعل الاندماج النوويّ الحراريّ؛ حيث يمكننا النظر إلى البلازما من مسافةٍ آمنةٍ، نحاول دمج نوى الهيدروجين بسرعاتٍ عاليةٍ لتتحوّل إلى نوى هيليوم الأثقل، وبفعل ذلك نحصل على طاقةٍ كافيةٍ لتوفير حاجة المجتمع من الكهرباء. المشكلة هي أنّنا لم نستطع حتّى الآن الحصول على كميّة طاقةٍ أكبر من الكميّة التي نستعملها في العمليّة؛ إذْ يتطلّب تحقيق هذه السرعات العالية في الاصطدام أن نرفع درجة حرارة ذرّات الهيدروجين إلى عشرات ملايين الدرجات، وفي ظلّ حرارةٍ كهذه، لا أمل للإلكترونات بالبقاء في الذرّات، وستتحرّر جميعها من ذرّات الهيدروجين حتماً، وتتجوّل بحُريّة خارجها، لكنْ كيف يمكننا احتواء نقطةٍ من بلازما الهيدروجين المتوهّجة بحرارةٍ تبلغ ملايين الدرجات؟ ما الوعاء الذي سنضعها فيه؟ لن يساعدنا غطاء الميكروويف في ذلك، ما نحتاج إليه هو وعاء لا يذوب، أو يتبخّر، أو يتحلّل. كما رأينا بإيجاز في القسم 2، يمكننا استعمال العلاقة بين البلازما والحقول المغناطيسيّة لصالحنا بتصميم نوعٍ من «الأوعية» تمتلك جدرانها حقولاً مغناطيسيّةً مُكثّفةً لا يمكن للبلازما أن تخترقها، ويعتمد العائد الاقتصاديّ لنجاح مفاعل الاندماج النووي جزئيّاً على تصميم هذا الوعاء المغناطيسيّ، وعلى فهْمنا لكيفيّة عمل البلازما داخله.

من بين أكثر الأشكال غرابةً للمادّة على الإطلاق هي ما قام بتحضيره علماء الفيزياء في مختبر بروكهيفن الوطنيّ، المختبر هو منشأة لتسريع الجُسيمات في لونغ آيلاند في نيويورك؛ فعوضاً عن البلازما العاديّة ذات الذرّات المجرّدة من إلكتروناتها، تحتوي بلازما كوارك-غلوون على مزيجٍ من المكوّنات الأكثر أساسيّةً للمادّة: الكوارك «Quark» المشحون جزئيّاً، والغلوون «Gluon» الذي يربط الكواركات ببعضها لتكوين البروتونات والنيوترونات، ويماثل هذا الشكل غير العاديّ للبلازما إلى حدٍّ كبيرٍ حالة الكون بأكمله بعد كسرٍ صغيرٍ من الثانية التي تلت الانفجار العظيم، في ذلك الوقت كان يمكن للكون المرئيّ الآن بأكمله أن يُحتوى داخل كرةٍ يبلغ قطرها قرابة 27 متراً، كالكرة الموجودة في مركز روز للأرض والفضاء. في الواقع، كان كلّ إنشٍ مكعّبٍ من الكون في حالة بلازما حتّى بعد انقضاء 400,000 سنة على الانفجار العظيم.

منذ ذلك الحين، انخفضت درجة حرارة الكون من تريليونات الدرجات إلى بضعة آلاف، وطوال الوقت، كان الضوء يتشتّت يمنةً ويسرةً من قِبل الإلكترونات الحُرّة في كوننا المملوء بالبلازما، وهي حالةٌ مشابهةٌ جدّاً لما يحدث للضوء عند مروره خلال الزجاج المُحجَّر، أو من داخل الشمس كما وصفناه سابقاً؛ حيث لا يمكن للضوء المرور عبرهما بدون أن يتشتّت، ما يجعل هذا الوسط شبه شفّافٍ عوضاً عن كونه شفّافاً، ومع انخفاض الحرارة إلى أقلّ من بضعة آلاف درجة، أصبح الكون بارداً بما يكفي ليتمكّن كلّ إلكترون من الاتّحاد مع نواة ذرّة، لتكوين ذرّاتٍ كاملةٍ من الهيدروجين والهيليوم.

لم تعد البلازما منتشرةً كما كانت بعد أن وجدت الإلكترونات نوى ذريّة ترتبط بها، وهذه هي الحالة التي استمرّت لمئات ملايين السنين، على الأقلّ حتّى ولادة أشباه النجوم (الكوازارات)، مع ثقوبها السوداء المركزيّة التي تتغذّى على الغازات، وقبل سقوط الغاز مباشرةً في الثقب الأسْود، يطلق الأشعّة فوق البنفسجيّة المؤيِّنة التي تنتقل عبر الكون، وتصطدم بالإلكترونات لتطردها من ذرّاتها مجدّداً، وحتّى الوقت الذي وُلدت فيه أشباه النجوم، تمتّع الكون بالمدّة الزمنيّة الوحيدة حين لم يكن هناك بلازما في أيّ مكان، ونسمّي هذا العصر بـِ«العصور المظلمة»، وننظر إليه على أنّه الوقت الذي كانت فيه الجاذبيّة تجمّع -بِصَمتٍ وبصورةٍ خفيّةٍ- المادّة في كراتٍ من البلازما التي أصبحت الجيل الأوّل من النجوم.



- 19 -

نار وثلج

عندما قام كول بورتر بتأليف أغنية «حار للغاية» للمسرحيّة الموسيقيّة «Kiss Me Kate» عام 1948، بالتأكيد لم تكن الحرارة التي يتذمّر منها تزيد عن 95 فهرنهايت (35 درجة مئويّة)، ولا ضرر من اعتماد كلماته كمصدرٍ موثوقٍ للحدّ الأقصى لدرجة الحرارة المناسبة لعلاقات الإنسان الحميمة، وبإضافة ذلك إلى ما يمكن أن يفعله حمّامٌ من الماء البارد في جسمنا، سنعرف المدى الضيّق للحرارة المناسبة لجسم الإنسان العاري من الثياب: مجال يتراوح بين (95- 65) فهرنهايت فقط (35-18 درجة مئوية)؛ أمّا بالنسبة إلى الحرارة المناسبة للغرفة فتكون وسط ذلك تقريباً.

يختلف الكون عن ذلك تماماً.

ماذا يمكن لدرجة حرارة تبلغ: 100,000,000,000,000,000,000,000,000,000 أن تفعل بك؟ هذا الرقم هو مئة ألف مليار مليار مليار درجة، وهو أيضاً درجة حرارة الكون بعد جزءٍ شديد الصِّغَر من الثانية التي تلت الانفجار العظيم، وهو الوقت الذي كانت فيه الطاقة، والمادّة، والفضاء؛ هذه الأشياء كلّها التي ستتحوّل فيما بعد إلى كواكب، وأزهار، وعلماء جُسيمات فيزيائيّة، عبارة عن كرةٍ ناريّةٍ متمدّدةٍ من بلازما الكوارك-غلوون. لم يكن ليوجد أيّ شيءٍ ممّا نعرفه الآن لو لم يبرد الكون مليارات الدرجات.

تفترض قوانين الديناميكا الحراريّة أنّه خلال ثانيةٍ واحدةٍ بعد الانفجار العظيم، بردت كرة النار المتمدّدة إلى 10 مليارات درجة، وانتفخت من شيءٍ أصغر من الذرّة إلى عملاقٍ كونيٍّ حجمه أكبر بألف مرّة من حجم نظامنا الشمسيّ، وبمرور ثلاث دقائق، اعتدلت حرارة الكون إلى مليار درجة، كما أنّه كان يعمل بجدٍّ لتكوين أبسط النوى الذريّة، وقد خدَم التمدّد في تبريد الكون، ومنذ ذلك الحين استمرّ الاثنان: التمدّد، والبرود، بالعمل بلا هوادة.

يبلغ متوسّط درجة حرارة الكون اليوم 2.73 درجة كلفِن (-270 درجة مئويّة). درجات الحرارة كلّها التي سبق ذكرها هي درجات على مقياس كلفِن: وصُمِّم مقياس كلفِن لدرجات الحرارة بالمسافة نفسها الفاصلة بين الدرجات المئويّة، لكنّ مقياس كلفِن لا يحوي أرقاماً سالبةً، وفي مقياس كلفِن الصفر هو الصفر، نقطة انتهى. في الحقيقة، لإلغاء الشكوك كلّها، يُطلق على الصفر في مقياس كلفِن «الصفر المُطلَق».

قام المهندس والفيزيائيّ الاسكتلنديّ وليام طومسون، المعروف لاحقاً باللّورد كلفِن، بوضع فكرةٍ عن أبرد درجة حرارة في عام 1848، ولم تصل التجارب المخبريّة إلى هذه الدرجة بعْد، ولن يصلوا أبداً من حيث المبدأ، على الرغم من أنّهم اقتربوا من ذلك للغاية؛ حيث تحقّقت ببراعةٍ، وعلى نحوٍ مؤكّدٍ، درجة الحرارة 0.0000000005 كلفِن (أو 500 بيكوكلفِن كما يمكن للمتخصّصين في القياس أن يقولوا) في مختبر فولفغانغ كيتيرل في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في عام 2003.

خارج المختبر، تمتدّ الظواهر الكونيّة إلى نطاقٍ مذهلٍ من درجات الحرارة. من بين أعلى الأماكن حرارةً في الكون اليوم هو مركز النجم العملاق الأزرق خلال ساعات انهياره، قبل أن ينفجر مباشرةً كمُستعَرٍ أعظم (سوبرنوفا)، ما يخلق تأثيراتٍ قاسيةً من ارتفاع درجة الحرارة على المحيط الذي يجاوره، وتصل درجة الحرارة فيه إلى 100 مليار كلفِن. يمكنك أن تقارن ذلك بنواة الشمس: لا تبلغ أكثر من 15 مليون كلفِن.

تكون الأسطح أكثر برودةً بكثير، وتصل درجة حرارة سطح العملاق الأزرق إلى قرابة 25,000 كلفِن؛ أي: إنّه حارٌّ بما فيه الكفاية ليتوهّج باللّون الأزرق. تعادل درجة حرارة سطح الشمس 6,000 كلفِن، حارَّة لدرجة أن تتوهّج باللّون الأبيض، وحارَّة بما فيه الكفاية لإذابة أيّ عنصرٍ معروفٍ في الجدول الدوريّ للعناصر، ثمّ تبخيره، وتبلغ حرارة سطح كوكب الزهرة 740 كلفِن، وهي حرارةٌ تكفي لإحراق الإلكترونيات المستعملة عادةً لقيادة المسابير الفضائيّة.

توجد نقطةٌ أبعد بكثير عمّا سبق على مقياس كلفِن، وهي 273.15 كلفِن، درجة تجمّد الماء، لكنّ هذه الدرجة تبدو دافئةً تماماً بالمقارنة مع حرارة سطح نبتون التي تبلغ 60 كلفِن (-213 درجة مئويّة)، الذي يبعد قرابة 3 مليار ميل عن الشمس، وهناك ترايتون، أحد أقمار نبتون، الذي تصل حرارة سطحه من النتروجين المتجمّد إلى 40 كلفِن (-233 درجة مئويّة)، ما يجعله أكثر الأماكن برودةً في النظام الشمسيّ إلى جانب بلوتو.

ما الحرارة المناسبة لكائنات الأرض؟ يسجّل متوسّط درجة حرارة الإنسان عادةً قرابة 310 كلفِن (98.6 فهرنهايت، أو 37 درجة مئويّة)، وتتراوح درجات حرارة سطح الأرض من أعلى

درجة حرارةٍ مُسجّلةٍ رسمياً: 331 كلفِن (136 فهرنهايت، 58 درجة مئوية) في العزيزيّة في ليبيا في صيف عام 1922، إلى أخفض درجةٍ مُسجّلةٍ: 184 كلفِن (-129 فهرنهايت، -89 درجة مئويّة) في محطّة فوستوك للأبحاث في القارّة القطبيّة الجنوبيّة في شتاء عام 1938، لكنْ لا يمكن للناس النجاة بدون مساعدةٍ في تلك الحالات القصوى من الحرارة؛ فسنعاني من فرط الحرارة في صحراء العزيزيّة في ليبيا إنْ لم يكن لدينا مأوى يحمينا، ومن انخفاض حرارة أجسامنا في القطب المتجمّد إنْ لم نملك مؤونةً كافيةً من الملابس والطعام، في الوقت نفسه، تتكيّف الأحياء الدقيقة المُحِبّة للظروف المتطرّفة في الأرض، سواء البكتيريا المُحِبّة للحرارة (Thermophilic) أم المُحِبّة للبرودة (Psychrophilic)، على نحوٍ مختلفٍ مع درجات الحرارة التي يمكن أن تحرق الناس، أو تجمّدهم. اكتُشِفَتْ خميرةٌ حيّةٌ في تربةٍ صقيعيّةٍ عمرها 3 ملايين سنة في سيبيريا (من دون أيّ غطاء، أو مؤونة)، وهناك نوعٌ من البكتريا التي كانت عالقةً في جليد ألاسكا لمدّة 32,000 سنة، فاستيقظت وبدأت بالسباحة بمجرّد ذوبان الوسط الذي كانت عالقة فيه، وفي وقتنا هذا، تعيش أنواعٌ متنوّعةٌ من بكتيريا العَتائق (Archaea) والبكتريا الأُخرى في الوحل المغليّ، والينابيع الحارّة المتدفّقة، والبراكين الموجودة تحت سطح البحر.

حتّى الكائنات متعدّدة الخلايا يمكن لها أنْ تنجو في الظروف المتطرّفة؛ فعند تعريضها لظروفٍ قاسيةٍ، يمكن للكائن الدقيق المعروف بـ«دبّ الماء» أن يوقف عمليّة الاستقلاب في جسمه، في هذه الحالة، يمكن له أن ينجو في درجة حرارةٍ تصل إلى 424 كلفِن (303 فهرنهايت، 151 درجة مئويّة) لعدّة دقائق، ودرجة حرارةٍ تنخفض إلى 73 كلفِن (-328 فهرنهايت، -200 درجة مئويّة) لعدّة أيّامٍ متتالية، ما يجعله كائناً حيّاً صلباً ذا تحمُّلٍ بما فيه الكفاية لينجو، إنْ تقطّعت به السُّبل، على كوكب نبتون؛ لذلك في المرّة القادمة التي تحتاج فيها إلى اصطحاب «الأشياء المناسبة»[1] معك في الفضاء، من الأفضل لك اختيار «الخميرة»، و«دب الماء» عوضاً عن روّاد الفضاء الأمريكيّين، والروس، واليابانيّين.

من الشائع أنْ نخلط بين «درجة الحرارة» و«الحرارة»؛ «الحرارة» هي الطاقة الكليّة للحركات جميعها للجُزيئات كلّها في أيّة مادّةٍ مُختارة، ويحدث أن يكون مجال الطاقات متنوّعاً إلى حدٍّ كبيرٍ في مزيجٍ ما: تتحرّك بعض الجُزيئات بسرعة، بينما يتحرّك بعضها الآخر ببطء، في حين تقيس «درجة الحرارة» ببساطة متوسّط هذه الطاقة، على سبيل المثال: «درجة حرارة» كوب طازج من القهوة أعلى من «درجة حرارة» حوضِ سباحةٍ ساخنٍ، لكنّ «الحرارة» التي

(1) نسبةً إلى فيلم The Right Stuff. (م).

يحتفظ بها ماء حوض السباحة تفوق بكثير «الحرارة» في كوب القهوة. إذا قمتَ بتصرّفٍ غير لبقٍ، وسكبتَ فنجان القهوة (200 فهرنهايت) في حوض السباحة (100 فهرنهايت)، لن ترتفع «درجة حرارة» الماء في المسبح إلى 150 فهرنهايت فجأةً! وبينما ينام شخصان في السرير، فهما يشكّلان مصدراً يساوي ضعف مصدر «الحرارة» الذي يشكّله شخصٌ واحدٌ في السرير، لكنْ في الواقع لا تُجمع «درجتا حرارتيهما» (98.6 و98.6) ليصبح السرير فرناً «درجة حرارته» 197.2 فهرنهايت.

عدّ العلماء في القرنين: السابع عشر، والثامن عشر، أنّ الحرارة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالاحتراق، والاحتراق -كما فهموه- يحدث عندما تتحرّر مادّة الفلوجستون: وهي مادّةٌ افترضوا وجودها في كلّ مادّةٍ قابلة للاحتراق من الجسم، ما يؤدّي إلى احتراقه، وكان الافتراض بأنّه عندما نحرق قطعة حطبٍ في الموقد، سيحمل الهواء الفلوجستون، وستتحوّل قطعة الحطب إلى رماد.

بحلول القرن التاسع عشر، استبدل الكيميائيّ الفرنسيّ أنطوان لوران لافوازييه بنظرية الفلوجستون نظرية السيّال الحراري، فصنّف لافوازييه الحرارة، التي سمّاها السيّال الحراري، بعَدّها أحد العناصر الكيميائيّة، وافترض أنّها مائعٌ غير مرئيّ، لا طعم له، ولا رائحة، وعديم الوزن، يمرّ بين الأجسام من خلال الاحتراق، أو الاحتكاك. لم تُفهَم الحرارة تماماً حتّى القرن التاسع عشر، في ذروة الثورة الصناعيّة، عندما ظهر مفهوم الطاقة الواسع في الفرع الجديد للفيزياء المُسمّى بالديناميكا الحراريّة.

على الرغم من أنّ الحرارة، بعَدّها فكرةً علميّةً، فرضت الكثير من التحدّيات على العقول اللامعة، فإنّ العلماء وغير العلماء على حدٍّ سواء قد فهموا حدسيّاً مفهوم درجة الحرارة على مدى آلاف من السنين، فالأشياء الساخنة درجة حرارتها مرتفعة، والأشياء الباردة درجة حرارتها منخفضة، ويؤكد ميزان الحرارة لنا ذلك.

غالباً ما يعود الفضل في اختراع ميزان الحرارة إلى غاليليو، إلّا أنّ أقدم جهازٍ لهذه الفكرة ربّما كان ما اخترعه هيرون الاسكندريّ في القرن الأوّل الميلاديّ، ويتضمّن أحد كتبه «علم الخصائص الميكانيكيّة» وصفاً لِـ«المنظار الحراريّ»، وهو جهازٌ يُظهِر التغيُّر في حجم الغاز في أثناء تسخينه، أو تبريده، ومثل العديد من النصوص القديمة، تُرجم كتاب «علم الخصائص الميكانيكيّة» إلى اللاتينيّة خلال عصر النهضة. قرأه غاليليو عام 1594، وقام بصنع منظارٍ حراريٍّ أفضل منه، تماماً مثلما فعل عندما سمع باختراع التلسكوب، وقام بصنع نسخته المطوّرة، وفعل ذلك العديد من معاصريه.

في ميزان الحرارة، يُعدّ المقياس أمراً مهمّاً للغاية، وبدأ تقليدٌ مثيرٌ للفضول في أوائل القرن الثامن عشر، تمثّل بمعايرة درجات الحرارة؛ بحيث تحصل الظواهر الشائعة على ما يقابلها من درجات حرارةٍ على نحوٍ تكون فيه قابلةً للقسمة على العديد من القواسم، مثلاً: اقترح إسحق نيوتن مقياساً من الصفر (نقطة ذوبان الثلج) إلى 12 (حرارة جسم الإنسان)؛ بالطبع العدد 12 يقبل القسمة على 2، 3، 4، 6، بينما اقترح عالِم الفلك الدنماركيّ أوْل رومِر مقياساً من الصفر إلى 60 (60 يقبل القسمة على 2، 3، 4، 5، 6، 10، 12، 15، 20، 30). كان الصفر في مقياس رومِر يقابل أدنى درجةٍ يمكن أن يصل إليها مزيجٌ من الثلج، والملح، والماء، وكانت درجة 60 تقابل نقطة غليان الماء.

في عام 1724، توصّل صانع آلاتٍ ألمانيٌّ يُدعى دانييل غابرييل فهرنهايت (الذي طوّر مقياس الحرارة الزئبقي في عام 1714) إلى مقياسٍ أكثر دقّةً، بتقسيم كلّ درجةٍ من درجات رومِر إلى أربعة أجزاءٍ متساوية. في المقياس الجديد، نقطة غليان الماء تقابل 240 درجة، ونقطة تجمّده تقابل 30، ودرجة حرارة الإنسان الطبيعيّ قرابة 90 درجة، وبعد المزيد من التعديلات، وصل المجال بين درجة الحرارة «صفر» وبين درجة حرارة الإنسان إلى 96 درجة، وهو عددٌ رائعٌ أيضاً للقسمة (يقبل القسمة على 2، 3، 4، 6، 8، 12، 16، 24، 32، 48)، وأصبحت درجة تجمّد الماء 32 درجة، لكنْ استمرّ الضبط والتحويل يثقلان كاهل المعجَبين بمقياس فهرنهايت؛ حيث لا تقابل درجة حرارة الإنسان عدداً صحيحاً، ونقطة غليان الماء تساوي 212 درجة.

اتّبع عالِم الفلك السويديّ أندرس سلسيوس مساراً مختلفاً، وفي عام 1742، اقترح مقياساً عشرياً مئوياً للحرارة، وحدّد سلسيوس نقطة تجمّد الماء عند 100، ونقطة غليانه عند الصفر، وليست هذه المرّة الأولى، أو الأخيرة التي يضع فيها عالِم فلكٍ مقياساً بالمقلوب؛ إذْ قام شخصٌ ما، غالباً الشابّ الذي صنع ميزان الحرارة بمقياس سلسيوس؛ بتقديم معروفٍ للعالَم حيث عكس الترقيم ليصبح لدينا مقياس سلسيوس للحرارة المألوف لدينا، مقياس درجات الحرارة المئويّة. يبدو أنّ للعدد صفر تأثيراً محيّراً على فهْم بعض الناس. إحدى المرّات قبل عقدين من الزمن، في عطلة الشتاء بين فصول الدراسة العليا، كنت في منزل والديّ شمال مدينة نيويورك، قمت بتشغيل الراديو للاستماع إلى الموسيقا الكلاسيكيّة، وكانت هناك كتلةٌ هوائيّةٌ باردةٌ تتّجه من كندا إلى الشمال الشرقيّ، واستمرّ المذيع، بين نغمات موسيقا جورج فريديك هاندل، بإعلان درجات الحرارة التي تنخفض تنازليّاً: «خمس درجات»، «أربع درجات»، وأخيراً قال في حزن: «إذا استمرّ هذا الوضع، قريباً لن يبقى لدينا أيّ درجات حرارة!».

في محاولةٍ لتجنّب هذه الأمثلة المحرجة من الجهل بعِلم الأعداد، يستعمل المجتمع

الدوليّ للعلماء مقياس كلفِن لدرجة الحرارة، الذي يضع الصفر في المكان المناسب: في القاع المطلق، وأيّ موقعٍ آخر للصفر سيكون أمراً اعتباطيّاً، ولا مجال له للتفسير الحسابيّ الفكاهيّ.

حدّد العديد من أسلاف كلفِن، من خلال قياس حجم تقلُّص الغاز في أثناء تبريده، درجة (-273.15) مئويّة كدرجة الحرارة التي تكون فيها جزيئات أيّة مادّةٍ بأقلّ طاقةٍ ممكنة، وأوضحت تجارب أُخرى أنّ درجة الحرارة هذه هي نقطة انخفاض حجم الغاز إلى الصفر عند الاحتفاظ به تحت ضغطٍ ثابتٍ، ونظراً إلى عدم تحقّق «حجمٍ يساوي الصفر للغاز»، أصبحت الدرجة (-273.15 درجة مئويّة) هي الحدّ الأدنى غير القابل للتحقيق في مقياس كلفِن، وهل هناك تسمية أفضل له من «الصفر المطلق»؟

يتصرّف الكون بمُجمله كالغاز، إذا قمت بتمديد حجم غازٍ ما فإنّ حرارته ستنخفض، وعندما كان عمر الكون نصف مليون سنة فقط، كانت درجة حرارته قرابة 3,000 كلفِن. اليوم درجة حرارة الكون أقلّ من 3 كلفِن، ويتمدّد بلا توقّفٍ نحو اندثار الحرارة، فالكون اليوم أكبر حجماً بألف مرّةٍ، وأبرد بألف مرّةٍ من الكون الوليد.

على الأرض، نقيس درجة الحرارة عادةً بإقحام ميزان الحرارة في فم المخلوق، أو وضعه حيث يلمس الجسم الذي نريد تحديد حرارته، ويتيح هذا النوع من الاتّصال المباشر أن تتحرّك الجزيئات داخل ميزان الحرارة لتصل إلى متوسّط طاقة جزيئات الجسم، وإذا وضعنا الميزان في الهواء عوضاً عن ذلك، فإنّ متوسّط سرعة جزيئات الهواء المتصادمة مع ميزان الحرارة هي التي تحدّد درجة الحرارة التي سيسجّلها الميزان.

بحديثنا عن الهواء، نلْحظ أنّ درجة حرارة الهواء، في أيّ وقتٍ ومكانٍ محدّدٍ على الأرض، تكون في ضوء الشمس هي الدرجة نفسها تحت ظلّ شجرة، وما يقوم به الظلّ هو حمايتك من طاقة الشمس المُشعّة التي تمرّ كلّها تقريباً من دون أن يُمتصّ في الغلاف الجويّ، وتصل إلى جلدك، ما يجعلك تشعر أنّها أكثر حرارةً من الهواء نفسه، لكنْ في الفضاء الخالي، حيث لا يوجد هواء، لا يوجد جُزيئات متحرّكة تصطدم بميزان الحرارة لتجعله يعمل، أو يعطي قيمة؛ لذا فإنّ السؤال: «ما درجة حرارة الفضاء؟» لا يحمل معنى واضحاً، مع عدم لمسه لأيّ شيءٍ، لا يمكن لميزان الحرارة إلّا أنْ يسجّل الطاقة المُشعّة التي يحملها الضوء كلّه، القادم من المصادر كلّها، والذي يسقط عليه.

في الجانب النهاريّ لقمرنا الخالي من الهواء، يسجّل ميزان الحرارة 400 كلفِن (260 فهرنهايت، 126.85 درجة مئوية). إذا تحرّكت بضعة أقدامٍ إلى ظلّ صخرةٍ، أو قمت برحلةٍ إلى

الجانب الليليّ، ستنخفض درجة الحرارة على الفور إلى 40 كلفِن (-390 فهرنهايت، -233,15 درجة مئوية)، وللبقاء على قيد الحياة خلال يومٍ قمريٍّ من دون ارتداء بدلة فضاءٍ يمكن التحكّم بحرارتها، سيكون عليك الرقص على رِجْلٍ واحدةٍ، لتدور وتسخُن، ثمّ تبرُّد أجزاء جسدك بالتناوب، لتبقى في درجة حرارةٍ مناسبةٍ للإنسان.

عندما تريد امتصاص أكبر قدْرٍ من الطاقة المُشعّة عندما يكون الجوّ بارداً، من الأفضل لك ارتداء لباسٍ ذي لونٍ داكنٍ وليس عاكساً، وينطبق الأمر نفسه على مقياس الحرارة. لنفترض وجود ميزان حرارةٍ مصنوعٍ بحيث يمتصّ تماماً الطاقة المُشعّة، فإذا وضعته الآن في الفضاء، مثلاً: في منتصف المسافة بين مجرّة درب التبّانة وبين مجرّة أندروميدا، بعيداً عن مصادر الإشعاع الواضحة كلّها، فسيستقرّ الميزان عند 2.73 كلفِن، وهي درجة حرارة الخلفيّة الراهنة للكون.

وفقاً لإجماعٍ حديثٍ لعلماء الكونيّات، سيستمرّ الكون بالتوسّع إلى الأبد، وحين يصبح الكون بضعف حجمه الآن ستنخفض درجة حرارته بمقدار النصف، ومع مرور الزمن وتضاعف حجمه مرّةً أُخرى، ستنخفض درجة حرارته إلى النصف مرّةً أُخرى، ومع مرور تريليونات السنين، سيُستَنفد الغاز المُتبقي كلّه لصنع النجوم، وستَستنفِد النجوم كلّها وقودها النوويّ الحراريّ، وفي هذه الأثناء، ستستمرّ درجة حرارة الكون المتوسِّع بالانخفاض، وستقترب من الصفر المطلق.

القسم الرابع

معنى الحياة

التحدّيات والانتصارات في معرفة كيف وصلنا إلى الأرض

- 20 -

من الغبار إلى الغبار

تُظهِر نظرةٌ عاديّةٌ بالعين المجرّدة إلى درب التبّانة شريطاً غائماً من الضوء الشاحب، تتخلّله من مكانٍ إلى آخر بقعٌ مظلمة، ويمتدّ من الأفق إلى الأفق، وبمساعدة منظارٍ مقرِّبٍ، أو تلسكوب منزليّ، سنرى أنّ المناطق المظلمة المُملّة هي... حسناً، إنّها مناطق مظلمة مُملّة، لكنّ المناطق الساطعة عددٌ لا يُحصى من النجوم والسُّدُم.

أورد غاليليو في كتابه الصغير «الرسول النجميّ» المنشور في البندقيّة عام 1610؛ أوّل وصفٍ للسماء كما تُرى من خلال التلسكوب، بما في ذلك أوّل وصفٍ لبقع الضوء في درب التبّانة. يقول غاليليو، الذي كان يشير إلى أداته باسْم «المنظار»؛ لأنّ كلمة تلسكوب لم تكن قد صيغت بعد، وهو لا يكاد يتمالك نفسه:

> بالإمكان رؤية درب التبّانة[1] نفسه، بوساطة المنظار، بوضوحٍ شديدٍ، حتّى إنّ النقاشات جميعها التي حيَّرت الفلاسفة لأجيالٍ عديدةٍ ستتبدّد على الفور أمام الحقيقة المنظورة، وسنتحرّر بهذا من الجدال، فالمجرّة ما هي إلا تجمّعٌ لعددٍ لا يُحصى من النجوم الموزّعة في عناقيد، وأينما وجّهت منظارك ستقابل عدداً هائلاً من النجوم أمامك، يبدو بعضها ضخماً وسهل التمييز، لكنّ أغلب النجوم صغيرة ويصعب تمييزها. (Van Helden 1989، ص 62)

---

(1) تختلف تسمية مجرّتنا بين اللّغة اللاتينيّة واللّغة العربيّة: في اللّغة اللاتينيّة تُسمّى درب اللبن؛ لأنّها تشبه اللّبن المسكوب في السماء، بينما تُعرف بالعربيّة بدرب التبّانة؛ لأنّ العرب وجدوا شبهاً بين النجوم في السماء وبين التبن المتناثر على الأرض من طعام الماشية على طرق رحلاتهم، الذي كان يساعدهم في معرفة طرق القوافل وتتبّعها. (م).

كانت المناطق التي وصفها غاليليو بأنّها «تجمّعٌ لعددٍ لا يُحصى من النجوم» هي بالطبع الموضع المثير للاهتمام. لِمَ قد يهتمّ أحدهم باكتشاف المناطق المظلمة التي لا تُرى فيها أيّ نجوم؟ لا بدّ من أنّ المناطق المظلمة على الأرجح ثقوبٌ كونيّةٌ تودي إلى فراغٍ لا نهائيّ.

ستمرّ ثلاثة قرونٍ إلى أنْ يتوصّل أحدٌ إلى معرفة حقيقة البقع المظلمة في درب التبّانة، وأنّها تتكوّن في الحقيقة من سُحُبٍ كثيفةٍ من الغازات والغبار، تحجب عنّا الحقول النجميّة الأبعد، وتحوي الحاضنات النجميّة في أعماقها، وبعد أن تساءل الفلكيّ الأمريكيّ جورج كاري كومستوك: لماذا تبدو النجوم البعيدة للغاية أكثر خفوتاً ممّا يمكن أن تتسبّب به مسافات بُعدها عنّا، تبِعَه الفلكيّ الهولنديّ ياكوبوس كورنيليوس كابتين، في عام 1909، وحدّد السبب الرئيس لذلك؛ ففي ورقتين بحثيّتين تحملان العنوان نفسه «عن امتصاص الضوء في الفضاء»، قدّم كابتين الدليل الذي اكتشفه حديثاً: لا تحجب السُّحُب البينجميّة الضوء القادم من النجوم فحسب، بل تفعل ذلك على نحوٍ غير متساوٍ عبْر ألوان الطيف الضوئيّ الصادر عن النجوم، فهي تمتصّ الضوء الأزرق أكثر من الضوء الأحمر؛ هذا الامتصاص الانتقائيّ يجعل النجوم البعيدة تبدو أكثر احمراراً من النجوم القريبة.

لا يسبّب الهيدروجين والهيليوم العاديّان احمرار الضوء، وهما المكوّنان الرئيسان للسُّحُب الغازيّة الكونيّة، لكنّ الجُزيئات الأكبر تفعل ذلك، خاصّةً تلك التي تحوي عنصريّ: الكربون والسيليكون، وعندما تصبح الجُزيئات بحجمٍ أكبر من أن تُسمّى جُزيئات، ندعوها غباراً.

يعرف معظم الناس الغبار المنزليّ، مع أنّ القليل منهم يعلمون أنّ معظم هذا الغبار يتكوّن من خلايا الجلد البشريّ الميتة (إضافةً إلى زغب الحيوانات الأليفة إن وُجدت). على حدّ عِلمي، لا يحتوي الغبار الكونيّ على أيّة خلايا بشريّة، إلّا أنّه يحتوي على مجموعةٍ مدهشةٍ من الجُزيئات المعقّدة، التي تطلق الفوتونات في نطاقَي: الأشعّة تحت الحمراء، والأشعّة الصُّغريّة. لم تُعتَمد التلسكوبات الحسّاسة للأمواج الصُّغريّة في الفيزياء الفلكيّة حتّى الستينيّات، ولا التلسكوبات الحسّاسة للأشعّة تحت الحمراء حتّى السبعينيّات؛ لذا كانت العناصر الكيميائيّة الغنيّة التي يحويها الغبار بين النجميّ مجهولةً حتّى ذلك الحين، وخلال العقود التالية ظهرت صورةٌ مدهشةٌ ومعقّدةٌ لولادة النجوم.

لا تكوِّن السُّحُب الغازيّة كلّها في درب التبّانة نجوماً طوال الوقت، في أغلب الأوقات لا تدري السحابة ما عليها فعله، وفي الحقيقة، علماء الفيزياء الفلكيّة هُم من يشعرون بالحَيرة هنا؛ فنحن نعلم أنّ السحابة تريد الانهيار على نفسها بتأثير جاذبيّتها كي تكوّن نجماً واحداً، أو أكثر،

لكنّ دوران السحابة، إلى جانب تأثيرات الحركة المضطّربة للغازات تعيق تحقيق هذا المصير، مثل حالة الغاز العاديّ المضغوط التي درسناها في صفّ الكيمياء في المرحلة الثانويّة؛ كما تقاوم الحقول المغناطيسيّة للمجرة حصول الانهيار أيضاً؛ حيث تتغلغل في السحابة، وتتشبّث بأيّة جُسيماتٍ مشحونةٍ حُرّة الحركة، مقاومةً الطرائق التي يمكن أن تستجيب بها السحابة لجاذبيّتها الخاصّة. الرائع في هذا الأمر كلّه هو إدراكنا أنّه لو لم تكن النجوم موجودةً يقيناً، لكان أمامنا العديد من الأسباب المقنِعة لعدم إمكانيّة تكوُّن النجوم على الإطلاق.

مثلما تدور مئات المليارات من النجوم الموجودة في مجرّة درب التبّانة حول مركز المجرّة، تفعل السُّحُب الغازيّة ذلك أيضاً. فتبدو النجوم كقطعٍ صغيرةٍ (على الرغم من أنّ بعضها يمتدّ بضع ثوانٍ ضوئيّة) في محيطٍ شاسعٍ من الفضاء، وتعبُر أمام بعضها كالسفن المبحِرة في اللّيل، لكنّ السُّحُب الغازيّة ضخمةٌ؛ حيث تحتوي السحابة الواحدة، التي تمتدّ على مسافة مئات السنوات الضوئيّة، على كتلةٍ تعادل كتلة مليون شمس، وبينما تسير هذه السُّحُب بتثاقلٍ عبْر المجرّة، تصطدم أحياناً إحداها بأُخرى، وتتداخلان ببعضهما، واعتماداً على سرعتيهما النسبيّة، وزاوية الاصطدام، تلتفّ السحابتان على بعضهما كقطعتين من حلوى المارشميللو، وفي أحيانٍ أُخرى يؤدّي الاصطدام إلى تمزُّق السحابتين وتفتيتهما.

إذا بردت السحابة إلى درجة حرارةٍ منخفضةٍ ملائمةٍ (أقلّ من 100 درجة فوق الصفر المطلق)، فإنّ الذرّات المؤلِّفة لها تلتصق عند اصطدامها ببعضها، عوضاً عن الابتعاد الذي يحدث عند اصطدامها في درجات حرارةٍ عالية، ويؤثّر هذا التحوّل الكيميائيّ على كلّ شيء؛ حيث تبدأ الجُسيمات المتزايدة -التي يحوي الواحد منها عشرات الذرّات الآن- بتشتيت الضوء في كلّ مكانٍ، ما يؤدّي إلى خفوت ضوء النجوم الواقعة خلفها، وتصبح الجُسيمات حُبيبات غبار كاملة عندما تحتوي الواحدة منها على 10 مليارات ذرّة، وعند هذا الحجم، لا تستمرّ الحُبيبات بتشتيت فوتونات الضوء المرئيّ القادمة من النجوم الواقعة خلفها، بلْ تمتصّها، ثمّ تشعّ طاقتها على صورة أشعّةٍ تحت الحمراء، التي تستطيع الإفلات بسهولةٍ من السحابة، لكنّ فِعل امتصاص الضوء المرئيّ يشكّل ضغطاً يدفع السحابة في الاتّجاه المعاكس لمصدر الضوء؛ وهكذا تربط السحابة نفسها بضوء النجوم.

تؤدّي القوى التي تجعل السحابة أكثر كثافةً مع الوقت إلى انهيارها على نفسها بتأثير الجاذبيّة، ويؤدّي ذلك بدوره إلى ولادة النجوم، لكنّنا نواجه الآن موقفاً غريباً: لتكوين نجمٍ تبلغ درجة حرارة مركزه 10 مليون درجة، وهي الحرارة الكافية لبدء تفاعل الاندماج النوويّ، يجب على السحابة أن تصل إلى أخفض درجة حرارةٍ ممكنةٍ لها أوّلاً.

لا يمكن لعلماء الفيزياء الفلكيّة إلّا أن يُخمّنوا ما يحدث داخل السحابة في هذا الوقت، فالباحثون ومصنّعو النماذج الحاسوبيّة يواجهون العديد من مشكلات العوامل المتغيّرة لإدخال القوانين الفيزيائيّة والكيميائيّة كلّها في حواسيبهم الفائقة قبل أن يتمكّنوا من محاكاة السلوك الديناميكيّ للسُّحُب الضخمة تحت التأثيرات الخارجيّة والداخليّة كلّها، وتظهر مشكلةٌ أُخرى، وهي حقيقةٌ تدعونا للتواضع، فالسحابة الأصليّة تبلغ من الحجم مليارات المرّات أضعاف حجم النجم الذي نحاول محاكاته، وأقلّ كثافةً بمئة سكستيليون مرّة منه، وما يكون مهمّاً على مقياس حجمٍ معيّنٍ ربّما لا يجب القلق بشأنه على مقياسٍ آخر من الحجم.

ومع ذلك، يمكننا أن نؤكّد أنّه في أعمق مناطق السحابة الغازيّة، وأكثرها ظلاماً وكثافةً؛ حيث تهبط الحرارة إلى قرابة عشر درجاتٍ فوق الصفر المطلق، تنهار الجيوب الغازيّة متغلّبةً على القوى المقاوِمة، ومحوّلةً طاقتها الثقاليّة إلى حرارة. ترتفع درجة الحرارة داخل كلّ واحدةٍ من هذه المناطق، التي سرعان ما ستصبح قلباً للنجم الوليد؛ بسرعةٍ شديدةٍ خلال الانهيار، مُتسبّبةً في تفكيك حُبيبات الغبار كلّها في جوارها في أثناء تصادمها، وفي النهاية تصل درجة حرارة الجيب الغازيّ المُنهار إلى 10 ملايين درجة، وفي درجة الحرارة السحريّة هذه، تتحرّك بعض البروتونات (التي هي ببساطة ذرّات هيدروجين مجرّدة من الإلكترونات) بسرعةٍ كافيةٍ للتغلّب على قوّة التنافر بينها، وترتبط ببعضها تحت تأثير «القوّة النوويّة القويّة» التي تعمل ضمن مسافاتٍ قصيرةٍ جدّاً، وهي القوّة التي تربط الجُسيمات ما دون الذريّة، المكوّنة لنواة الذرّة، ببعضها، فينتج عن الاندماج النوويّ الحراريّ للبروتونات عنصر الهيليوم؛ حيث تحمل النواة الجديدة كتلةً أقلّ من مجموع كتل الجُسيمات التي اندمجت لتكوّنها، وتتحوّل الكتلة التي تُفقَد خلال هذا الاندماج إلى طاقة، كما تصف معادلة أينشتاين الشهيرة: $E = mc^2$ حيث E تمثّل الطاقة، وm تمثّل الكتلة، وc تمثّل سرعة الضوء، ومع ازدياد درجة الحرارة يصبح الغاز مُشعّاً؛ حيث تجد الطاقة -التي كانت سابقاً كتلة- مَخرجاً لها، ومع أنّ هذه المنطقة الغازيّة الحارّة لا تزال داخل رحم السحابة الضخمة، بإمكاننا أن نعلن أنّ نجماً جديداً قد ولد في مجرّة درب التبّانة.

نعرف أنّ مجال كتل النجوم واسعٌ للغاية: فهي تتراوح بين عُشر كتلة الشمس إلى قرابة مئة ضعفٍ من كتلتها، ولأسبابٍ لم نتمكّن بعدُ من تحديدها، تستطيع السحابة الغازيّة تكوين العديد من الجيوب الغازيّة الباردة التي تنهار على نفسها في الوقت ذاته تقريباً، ويولد في كلٍّ منها نجمٌ جديدٌ، ويقابل مولد كلّ نجمٍ ذي كتلةٍ عاليةٍ، ولادة آلاف النجوم ذات الكتل المنخفضة، لكنّ 1% فقط من الغاز الموجود في السحابة الأصليّة كلّه يشارك في ولادة النجم، وتفسير هذه

النسبة يُعدّ من التحدّيات العلميّة الكلاسيكيّة: أنْ نعرف كيف ولِمَ يمكن لهذه النسبة الصغيرة أن تولّد نجماً، تماماً كالسؤال المحيّر: لماذا يهزّ الذيلُ الكلبَ؟

يمكن تفسير الحدّ الأدنى لكتل النجوم الجديدة بسهولة؛ فطاقة الثقالة للجيب الغازيّ المُنهار، الذي تكوّن كتلته أقلّ من عُشر كتلة الشمس، ضعيفةٌ إلى درجةٍ لا تمكّنه من رفع درجة حرارة مركزه إلى 10 ملايين درجة، لكي يبدأ الهيدروجين بالاندماج النوويّ الحراريّ إلى هيليوم. إذنْ، لن يولد نجمٌ جديدٌ، وعوضاً عنه ينتج ما نُسمِّيه عادة «القزم البنّي»، ويؤدّي عدم وجود مصدر طاقة خاصّ بالقزم البنّي إلى أنْ يخبو مع الوقت، ويعيش على الحرارة القليلة الممكن توليدها من عمليّة الانهيار التي شكّلته، وتكون الطبقات الغازيّة الخارجيّة للقزم البنّي باردةً إلى درجة أنّ الكثير من الجُزيئات الكبيرة، التي تُدمَّر عادةً في الغلاف الخارجيّ للنجوم، تبقى سليمةً هناك، ومن الصعب اكتشاف الأقزام البنّيّة؛ بسبب سطوعها الخافت، حيث يتطلّب اكتشافها استعمال الطرائق المُتّبعة في اكتشاف الكواكب. في السنوات الأخيرة فقط تمكّن العلماء من اكتشاف أعدادٍ كبيرةٍ من الأقزام البنّيّة بما يكفي لتصنيفها في أكثر من فئة.

يمكن بسهولةٍ أيضاً تفسير الحدّ الأعلى لكتل النجوم الجديدة؛ فالنجم الذي تتجاوز كتلته كتلة الشمس بأكثر من مئة مرّة سيكون سطوعه قويّاً إلى درجة أنّ أيّة كتلةٍ إضافيّةٍ من حُبيبات الغبار التي تحملها السحابة الغازيّة داخلها، والتي تنجذب نحو النجم؛ ستُدفَع بعيداً بفعل الضغط الشديد للضوء الصادر عنه، هنا تكون علاقة ضوء النجم مع الغبار غير معكوسة. إنّ ضغط إشعاع الضوء هذا قويٌّ جدّاً حتّى إنّ عدداً قليلاً من النجوم عالية الكتلة التي يصدر عنها، يمكن أن يتخلّل الكتلة كلّها في السحابة الأصليّة المظلمة، وبذلك يكشف عن عشرات، بل مئات النجوم الجديدة، الشقيقة في الواقع؛ لتراها بقيّة المجرّة.

سديم الجبار -يقع أدنى حزام الجبار في منتصف المسافة باتّجاه سيف الجبار- هو حاضنةٌ نجميّةٌ أيضاً؛ تولد الآلاف من النجوم داخل هذا السديم في عنقودٍ واحدٍ عملاق، وتشكّل أربعة من أكبر النجوم حجماً مجموعة معيَّن الجبار، وتعمل هذه النجوم على إخلاء فجوةٍ عملاقةٍ في منتصف السحابة التي تكوّنت منها، وتكشف صور تلسكوب هابل الفضائيّ عن وجود المئات من النجوم الجديدة في هذه المنطقة، وكلّ نجمٍ جديدٍ مُحاط بقرصٍ كوكبيٍّ أوّليٍّ مكوّنٍ من الغبار والجُزيئات الأُخرى من السحابة الأصليّة، وفي كلّ قرصٍ منها سيتشكّل نظامٌ شمسيٌّ جديد.

لمدّةٍ طويلةٍ لا تزعج النجوم الجديدة أحداً، لكنْ في النهاية، بسبب اضطّرابات الجاذبيّة المستمرة والثابتة في السُّحُب الهائلة التي توشك على الموت، تنهار السحابة أخيراً، وتنتشر

النجوم الجديدة في المجرّة. تعيش النجوم منخفضة الكتلة عمليّاً إلى الأبد؛ بسبب كفاءة استعمالها للوقود؛ أمّا النجوم متوسّطة الكتلة، مثل شمسنا، فإنّها ستصبح عاجلاً أم آجلاً عملاقاً أحمر، ويتمدّد حجمها مئة مرّة في طريقها إلى الموت؛ حيث تصبح الطبقات الغازيّة الخارجيّة ضعيفة الارتباط للغاية بالنجم، ما يؤدّي إلى انجرافها في الفضاء، كاشفةً وقود النجم النوويّ الذي قدّم الطاقة لاستمرار حياة النجم على مدى 10 مليارات عام. يُلتَقط الغاز العائد إلى الفضاء من قِبل السُّحُب الغازيّة المارّة، ليشارك في جولاتٍ لاحقةٍ من تكوين نجومٍ جديدة.

على الرغم من ندرة وجود النجوم ذات الكتلة العالية، إلّا أنّ حياتها تنضوي على المراحل التطوريّة كلّها لحياة النجوم، وتتميّز بأعلى درجةٍ من السطوع (أكثر بميلون مرّة من الشمس)، وكنتيجةٍ لذلك فإنّ عمرها أقصر (بضعة ملايين من السنين فقط)، وكما سنرى قريباً، فإنّ النجوم عالية الكتلة تصنع العشرات من العناصر الثقيلة، واحداً بعد الآخر، بدءاً من الهيدروجين إلى الهيليوم، والكربون، والنتروجين، والأكسجين، وهكذا حتّى تصل إلى صنع الحديد في مركزها، ويموت النجم العملاق ميتةً مذهلةً في انفجارٍ مُستعِرٍ أعظم، صانعاً المزيد من العناصر في لهبه، ومُشعّاً ضوءاً يفوق ضوء المجرّة بأكملها لمدّةٍ قصيرة. تنشر طاقة الانفجار العناصر المكوّنة حديثاً عبْر المجرّة، نافثةً الغاز، ومُغنِيَةً السُّحُب القريبة بالموادّ الخامّ لصنع الغبار من جديد، وتتحرّك أمواج انفجار المُستعِر الأعظم فوق الصوتيّة عبْر السُّحُب، فتضغط الغاز والغبار، وربّما تولِّد جيوباً ذات كثافةٍ عاليةٍ للغاية، وضروريّة لتشكيل النجوم في المقام الأوّل.

كما سنرى في الفصل التالي، إنّ أعظم هديّةٍ يمنحها المُستعِر الأعظم هي غرس العناصر الثقيلة في السُّحُب الغازيّة، وتشكّل هذه العناصر الكواكب، والخلايا الأولى، والناس، وبهذا يحصل مجدّداً أنْ تهب العناصر الكيميائيّة -التي قدَّمها جيلٌ سابقٌ من النجوم- الحياةَ لنجمٍ آخر.

- 21 -

متكوّن في النجوم

العلماء ليسوا أشخاصاً وحيدين لا حياة اجتماعيّة لهم، كما لا ترافق الاكتشافات جميعها حملاتٌ دعائيّةٌ في وسائل الإعلام، والكتب الأكثر مبيعاً، فبعض الاكتشافات تضمّ العديد من العلماء، وتستغرق عشرات السنين، وتتطلّب رياضيّاتٍ معقّدة، ولا يمكن تلخيصها بسهولةٍ لتظهر في وسائل الإعلام، وتمرّ هذه الاكتشافات معظم الأحيان بدون أنْ يلْحظها عامّة الناس.

بالنسبة إليّ، أرى أنّ الاكتشاف الأهمّ، الذي لم يُمنح تقديراً كافياً في القرن العشرين، هو إدراك أن المُستعِرات العُظمى (سَكرات الموت المُتفجِّر للنجوم عالية الكتلة) هي المصدر الأساسيّ لأصل العناصر الثقيلة، ومزيجها النسبيّ في الكون، كان هذا الاكتشاف غير المُعلَن على شكل ورقةٍ بحثيّةٍ نُشرت عام 1957 في مجلة *Reviews of Modern Physics* بعنوان «توليد العناصر الثقيلة في النجوم» لإليانور مارغريت بوربيدج، وجيفري آر بوربيدج، وويليام فاولر، وفريد هويل. في بحثهم، قاموا ببناء إطارٍ نظريٍّ وحسابيٍّ قدَّم تفسيراً حديثاً لأربعين عاماً من أفكار وتأمّلات الآخرين حول موضوعاتٍ مثيرةٍ للجدل كمصدر الطاقة النجميّة وتحوُّل العناصر.

الكيمياء النوويّة الكونيّة هي موضوعٌ يتّسم بالفوضى، وكانت كذلك في عام 1957، وما زالت إلى الآن. كانت الأسئلة ذات الصِّلة بالموضوع دائماً ما تتضمّن: كيف تتصرّف العناصر المختلفة من الجدول الدوريّ عند تعرّضها لدرجات حرارةٍ وضغط متنوّعَين؟ هل تندمج العناصر أم تنفصل؟ ما مدى سهولة إنجاز ذلك؟ هل ينتج عن العمليّة تحرير طاقةٍ أم امتصاصها؟

إنّ الجدول الدوريّ للعناصر بالطبع أكثر بكثيرٍ من مجرّد مخطّطٍ غامضٍ يضمّ مئات المربّعات التي تحوي رموزاً مبهمة، إنّه تسلسلٌ للعناصر المعروفة في الكون كلّها، مرتَّبة حسب العدد المتزايد من البروتونات في نواها، وأخفّ عنصرين هما: الهيدروجين ببروتونٍ واحدٍ،

والهيليوم باثنين من البروتونات، وفي ظلّ الظروف المناسبة المتمثّلة بدرجة الحرارة، والكثافة، والضغط، يمكن استعمال الهيدروجين والهيليوم لتوليد كلّ عنصرٍ آخر في الجدول الدوريّ.

تتضمّن المشكلة الدائمة في الكيمياء النوويّة الحساب الدقيق للمقاطع العرضيّة التصادميّة، التي هي ببساطة قياسات لمدى القرب اللازم لجُسيمٍ من جُسيمٍ آخر كي يحصل التفاعل بينهما، ومن السهل حساب المقاطع العرضيّة التصادميّة لأشياء ضخمة، مثل: خلّاطات الإسمنت، أو المنازل المتنقّلة على شاحنات، لكنّه يشكّل تحدّياً بالنسبة إلى الجُسيمات دون الذريّة المراوِغة. إنّ الفهم الدقيق للمقاطع التصادميّة هو ما يمكّننا من التنبّؤ بمعدّلات التفاعل النوويّ ومساراته، وغالباً ما تؤدّي الشكوك البسيطة في جداول المقاطع العرضيّة التصادميّة إلى التوصّل إلى استنتاجاتٍ خاطئةٍ بالكامل، وتشبه هذه المشكلة كثيراً ما يمكن أن يحدث إذا حاولت التنقّل في مترو أنفاق إحدى المدن، بينما تستعمل في أثناء ذلك خريطة مترو أنفاق لمدينة أُخرى.

بصرف النظر عن هذا الجهل، اشتبه العلماء لبعض الوقت أنّه في حال وجود عمليّة نوويّة غريبة تحدث في أيّ مكانٍ في الكون، فإنّ مراكز النجوم هي مكانٌ جيّدٌ لذلك. في عام 1920 نشر السير آرثر إدينغتون ورقةً بحثيّةً بعنوان «البُنية الداخليّة للنجوم»، جادل فيها بأنّ مختبر كافنديش في إنجلترا لأبحاث الفيزياء الذريّة والنوويّة، لا يمكن أن يكون المكان الوحيد في الكون الذي تُحوَّلُ فيه بعض العناصر إلى بعضها الآخر:

> لكنْ هل يمكن الإقرار بأنّ مثل هذا التحويل يتمّ بالفعل؟ من الصعب التأكيد على حدوث ذلك، لكنّ الأصعب هو إنكاره... وما يمكن فعله في مختبر كافنديش لا يصعب حدوثه في الشمس. أعتقد أنّ هناك شكاً كبيراً في أنّ النجوم هي البوتقات التي تتجمّع فيها الذرّات الخفيفة الموجودة في السُّدُم لتشكّل عناصر أكثر تعقيداً. (ص 18).

نُشر بحث إدينغتون قبل عدّة سنواتٍ من اكتشاف ميكانيكا الكمّ، التي بدونها لكان فهمنا لفيزياء الذرّات والنوى متواضعاً، وببصيرةٍ استثنائيّةٍ، بدأ إدينغتون صياغة سيناريو للطاقة المولّدة من النجوم عن طريق تفاعل الاندماج النوويّ الحراريّ الذي يحوّل الهيدروجين إلى هيليوم وغيره من العناصر:

> يجب ألّا نحدّ أنفسنا بفكرة أنّ تحوّل الهيدروجين إلى هيليومٍ هو التفاعل الوحيد الذي يزوّد «النجم» بالطاقة، على الرغم من أنّ المراحل الأُخرى من بناء العناصر تبدو في حاجةٍ إلى كميّةٍ أقلّ من تحرير الطاقة، وفي بعض الأحيان امتصاصها، ويمكن تلخيص الوضع بما يلي: تُبنى ذرّات العناصر جميعها من ذرّات هيدروجين مرتبطة ببعضها، ومن المحتمل

أنّها تطوّرت في السابق من ذرّات هيدروجين؛ تبدو مراكز النجوم المكان المرجّح لحدوث هذا التطوّر. (ص 18).

يجب على النموذج المُفترض لتحوّل العناصر أن يفسّر أيضاً مزيج العناصر الموجود على كوكب الأرض وفي كلّ مكانٍ آخر من الكون، لكنْ نحتاج إلى معرفة آليّة هذا التحوّل أوّلاً. بحلول عام 1931، أصبحت ميكانيكا الكمّ متطوّرة بما يكفي (على الرغم من عدم اكتشاف النيوترون بعد)، حيث نشر الفيزيائيّ الفلكيّ البريطانيّ روبرت اسكورت أتكينسون ورقةً بحثيّةً شاملةً قال في ملخّصها: إنّها «نظريّةٌ جامعةٌ للطاقة النجميّة وأصل العناصر... وفيها تُبنى العناصر الكيميائيّة المختلفة خطوةً بخطوةٍ من العناصر الأخفّ منها داخل النجوم، بوساطة الدمج المتعاقب للبروتونات والإلكترونات واحداً في كلّ مرّة». (ص 250).

في الوقت نفسه تقريباً، نشر عالم الكيمياء النوويّة الأمريكيّ ويليام دي هاركنز ورقةً بحثيّةً ذكر فيها أنّ «العناصر ذات الأوزان الذريّة المنخفضة أكثر وفرةً من العناصر ذات الأوزان الذريّة الكبيرة، والعناصر ذات الأعداد الذريّة الزوجيّة تزيد في المتوسّط بعشرة أضعافٍ عن العناصر ذات الأعداد الذريّة الفرديّة للقيم الذريّة المتشابهة» (Lang and Gingerich 1979، ص 374). خمّن هاركنز أنّ الوفرة النسبيّة للعناصر تعتمد على الاندماج النوويّ، وليس على عمليّاتٍ كيميائيّةٍ أُخرى مألوفة، وأنّ العناصر الثقيلة لا بدّ من أنّها تكوّنت من العناصر الأخفّ.

أخيراً، تمكّن العلماء، باستعمال الآليّة المُفصّلة للاندماج النوويّ داخل النجوم، من تفسير وجود العديد من العناصر في الكون، خاصّةً تلك العناصر التي نحصل عليها في كلّ مرّةٍ نضيف نواة هيليوم تحوي اثنين من البروتونات إلى العنصر الذي كوّناه سابقاً، وتمثّل هذه العناصر الكميّة الوافرة ذات «الأعداد الذريّة الزوجيّة» التي وصفها هاركنز، لكنّ وجود العديد من العناصر الأُخرى واختلاطها النسبيّ مع بعضها لم يُفهم تماماً بعد، لا بدّ من وجود طريقةٍ أُخرى لبناء العناصر في الكون.

أُكتشِف النيوترون عام 1932 من قِبل الفيزيائيّ البريطانيّ جيمس تشادويك في أثناء عمله في مختبر كافنديش، ويلعب النيوترون دوراً مهمّاً في تفاعل الاندماج النوويّ لم يكن إدينغتون مدرِكاً له، ويصعب الجمع بين اثنين من البروتونات؛ لأنّها ستنفر من بعضها طبيعيّاً بسبب تماثلها بالشحنة، ويجب تقريبهما بما يكفي (غالباً باستعمال درجاتٍ مرتفعةٍ من الحرارة، والكثافة، والضغط) لتتغلّب القوى النوويّة القويّة (ذات المدى القصير) على قوى التنافر بينهما وتربطهما معاً؛ أمّا النيوترونات عديمة الشحنة فلا تتنافر مع أيّ جُسيمات، لذا يمكنها الدخول إلى نواة عنصرٍ آخر بسهولة، والانضمام إلى الجُسيمات الأُخرى فيها، ولا تؤدّي هذه الخطوة

إلى تشكيل عنصرٍ جديدٍ؛ نحصل بإضافة نيوترون على «نظيرٍ» لنواة العنصر الأصليّ، لكنْ في بعض العناصر، لا تكون النيوترونات الوافدة مستقرّةً؛ حيث يحوّل النيوترون نفسه إلى بروتون (يظلّ داخل النواة) وإلكترون (يهرب على الفور)، مثل الجنود الإغريق المختبئين داخل حصان طروادة، يتسلّل البروتون إلى نواة ذرّةٍ جديدةٍ متنكّراً بصورة نيوترون.

إذا كان تدفُّق النيوترونات مرتفعاً، تستطيع النواة امتصاص العديد من النيوترونات قبل أن يتحوّل أوّل نيوترون منها، وتساعد هذه النيوترونات سريعة الامتصاص في تكوين مجموعةٍ من العناصر تختلف عن مجموعة العناصر التي تنتج عن عمليّة الامتصاص البطيئة، حيث يتحلّل كلّ نيوترون إلى بروتون وإلكترون قبل أن يدخل النيوترون التالي إلى النواة.

تُعرف هذه العمليّة بعمليّة «اقتناص النيوترون»، وهي المسؤولة عن توليد العديد من العناصر التي لا تتكوّن من خلال تفاعل الاندماج النوويّ التقليديّ، وبالنسبة إلى العناصر المتبقّية في الطبيعة فيمكن تكوينها من خلال عدّة عمليّاتٍ إضافيّة، منها: اصطدام الفوتونات عالية الطاقة (أشعّة غاما) بنوى ذرّات ثقيلة، فتتحلّل إلى ذرّاتٍ أصغر.

مع المغامرة بتبسيط دورة حياة النجوم عالية الكتلة، من الجيّد إدراك أنّ كلّ نجمٍ يولّد طاقةً ويطلقها، وهذه الطاقة هي التي تمكّن النجم من الصمود أمام قوّة الجاذبيّة، وبدون إنتاج الطاقة من خلال تفاعل الاندماج النوويّ ستنهار كلّ كرةٍ نجميّةٍ غازيّةٍ على نفسها بتأثير جاذبيّتها، وفي مركز النجم، بعد تحويل الهيدروجين إلى هيليوم، سيحوّل مركز النجم الهيليوم إلى كربون، ثمّ يحوّل الكربون إلى أكسجين، والأكسجين إلى نيون، وهكذا وصولاً إلى الحديد. إنّ الدمج المتتابع لهذه العناصر الأثقل، فالأثقل، يحتاج إلى درجة حرارةٍ عاليةٍ تمكّن النوى من التغلُّب على قوى التنافر الطبيعيّة بينها، ولحُسن الحظّ، يحدث هذا الأمر طبيعيّاً؛ لأنّه في نهاية كلّ مرحلةٍ وسيطةٍ، يخبو مصدر طاقة النجم مؤقّتاً، وتنهار المناطق الداخليّة للنجم، وترتفع درجة الحرارة، ويكون الطريق ممهّداً لتفاعل الاندماج التالي، لكنْ هناك مشكلة، هي أنّ اندماج الحديد لا يحرّر طاقةً، بل يمتصّها؛ هذا نبأٌ سيّئٌ للنجم، فعندها يعجز النجم عن مقاومة قوّة الجاذبيّة، وعند هذه النقطة ينهار النجم على الفور بدون مقاومة، وترتفع درجة حرارته الداخليّة بسرعةٍ كبيرةٍ، فيحدث الانفجار الهائل الذي ينثر أحشاء النجم في كلّ مكان، وخلال الانفجار يزداد سطوع النجم مليار مرّة، ندعوه في هذه اللحظة «المُستعِر الأعظم»، مع أنّني اعتقدت دائماً أنّ اسْم «المُستعِر الرائع» مناسبٌ أكثر.

من خلال هذه الانفجارات، يمكن للمُستعِرات العُظمى، بالاعتماد على وفرة النيوترونات،

والبروتونات، والطاقة، توليد العناصر بطرائق مختلفة، وفي مقالهم الذي ذكرناه سابقاً، جمع بوربيدج، وفاولر، وهويل، وبوربيدج بين: 1. المبادئ المُختبَرة جيّداً لميكانيكا الكمّ. 2. فيزياء الانفجارات. 3. أحدث القطاعات العرضيّة التصادميّة. 4. العمليّات المتعدّدة التي تحوّل العناصر إلى عناصر أُخرى. 5. أساسيّات نظريّة التطوّر الكونيّ، وعُدّت انفجارات المُستعِرات العُظمى مصدراً أساسيّاً للعناصر الأثقل من الهيدروجين والهيليوم كلّها في الكون.

مع التوصّل إلى أنّ المُستعِرات العُظمى هي المسؤولة عن توزيع العناصر الثقيلة في الكون، جرى التوصّل إلى حلّ مشكلةٍ أُخرى تلقائيّاً، فحين تتشكّل العناصر الأثقل من الهيدروجين والهيليوم في قلوب النجوم، لن يستفيد الكون منها ما لم تُطلّق في الفضاء البينجميّ، وتصبح مُتاحةً لتشكيل كواكب وبشر. أجل، نحن حقّاً غبارٌ نجميّ.

لا أعني أنّنا توصّلنا إلى إجاباتٍ للأسئلة جميعها حول كيمياء الكون. أحد الألغاز الحديثة نسبيّاً يتعلّق بعنصر التكنيشيوم الكيميائيّ، الذي كان في عام 1937 أوّل عنصرٍ يولّد صناعيّاً في مختبر. (كلمة تكنيشيوم *Technetium* وغيرها من الكلمات التي تستعمل البادئة *Tech*، مُشتقّة من الكلمة اليونانيّة Technetos بمعنى: «مُصطَنع»). لم نكتشف بعْد إن كان هذا العنصر موجوداً في الطبيعة في كوكب الأرض، لكنّ علماء الفلك عثروا عليه في الغلاف الجويّ لبعض النجوم التي تكون في مرحلة العملاق الأحمر في مجرّتنا، ولا يكفي هذا الاكتشاف وحْده لتغييرٍ في افتراضنا حول تشكيل العناصر؛ لأنّ نصف عُمْر التكنيشيوم لا يتجاوز مليوني سنة، وهي مدّةٌ أقصر بكثير من عُمْر النجوم التي اُكتشف فيها. بعبارةٍ أُخرى: لا يمكن أن تولد هذه النجوم مع هذا العنصر؛ لأنّه لو كان موجوداً حينها لما تبقّى منه أيّ شيءٍ إلى الآن، ولا توجد آليّةٌ معروفةٌ لتوليد التكنيشيوم في مركز النجم، وكيف له أن يسحب نفسه إلى السطح حيث اُكتشف، فأدّى هذا إلى نظريّاتٍ غريبةٍ، لكنّها لم تحقّق توافقاً في الآراء بين علماء الفيزياء الفلكيّة.

إن العمالقة الحُمر ذات الخصائص الكيميائيّة الغريبة نادرةٌ، لكنْ يوجد منها ما يكفي ليدرسها فريقٌ من علماء الفيزياء الفلكيّة (معظمهم من علماء التحليل الطيفيّ) المتخصّصين في هذا الموضوع. في الواقع، يتداخل هذا الموضوع مع اهتماماتي البحثيّة المهنيّة؛ حيث أطالع باستمرار المجلّة العلميّة المختصّة بكيمياء العمالقة الحُمر «Newsletter of Chemically Peculiar Red Giant Stars»، التي لا تتوفّر في أكشاك بيع الصحف العاديّة، وتحتوي هذه المجلّة على أخبار المؤتمرات والأبحاث العلميّة الجارية، ولا تقلّ هذه الألغاز أهميّةً عن مواضيع الثقوب السوداء وبداية الكون، لكنّك بالكاد تقرأ عنها. لماذا؟ مجدّداً، لأنّ وسائل الإعلام حدّدت مسبقاً ما يستحقّ التغطية، ويبدو أنّ الأصل الكونيّ لكلّ عنصرٍ في جسمك غير مهمٍّ بالنسبة إليها.

- 22 -

مُرسَل عبر الغيوم

خلال الـ 400 ألف عام الأولى تقريباً بعد ولادة الكون، كان الفضاء عبارة عن حساءٍ ساخنٍ من نوى سريعة الحركة لا تملك إلكتروناتٍ خاصّةً بها، وكان أبسط تفاعلٍ كيميائيٍّ حلماً بعيداً، وانتظرت البدايات الأولى للحياة على الأرض 10 مليارات سنة في المستقبل.

كان تسعون في المئة من النوى التي شكّلها الانفجار العظيم عبارة عن هيدروجين، ومعظم ما تبقّى عبارة عن هيليوم، مع جزءٍ لا يُذكر من الليثيوم: وهؤلاء الثلاثة هُم مكوّنات أبسط العناصر في الكون. لم تستطع النوى التقاط إلكترونات حتّى انخفضت درجة حرارة الكون المتوسّع من تريليونات عديدة حتّى 3000 كلفِن، وبالتقاطهم الإلكترونات حوّلت النوى نفسها إلى ذرّاتٍ تامّةٍ، وبذلك أتاحت إمكانيّة حدوث العمليّات الكيميائيّة، ومع استمرار الكون بالتوسّع والبرود، تجمّعت الذرّات في بُنى أكبر، هذه البُنى هي السُّحُب الغازيّة، التي جمّعت فيها جزيئات الهيدروجين (H_2)، وهيدريد الليثيوم (LiH) نفسَها من المكوّنات الأولى المُتاحة في الكون، وهذه السُّحُب الغازيّة ولّدت النجوم الأولى، التي كانت كتلة الواحد منها تفوق كتلة شمسنا بمئة مرّة، وفي قلب كلّ نجمٍ اشتعل فرنٌ نوويٌّ حراريٌّ، عازمٌ على جعل العناصر الكيميائيّة أثقل بكثير من العناصر الثلاثة الأولى الأبسط.

عندما استنفدت تلك النجوم العملاقة مخزونها من الوقود، انفجرت إلى قطعٍ صغيرةٍ، وانتثرت أحشاؤها الأوّليّة عبر الكون، وبقوّة طاقة انفجاراتها صنعت عناصر أثقل، وبذلك أصبحت السُّحُب الغازيّة الغنيّة بالذرّات تتجمّع في الفضاء.

سنتقدّم بالزمن سريعاً إلى زمن المجرّات، وهي المنظّمات الرئيسة للمادّة المرئيّة في الكون، التي تحوي بداخلها السُّحُب الغازيّة التي جرى إغناؤها سابقاً بحطام النجوم المتفجّرة

الأولى. قريباً ستستضيف تلك المجرّات جيلاً بعد جيلٍ من النجوم المتفجّرة، وجيلاً بعد جيلٍ من الأحداث التي تُغني الكون بالعناصر الكيميائيّة.

لو لم تحدث هذه الدراما الملحميّة، فإنّ الحياة على الأرض، أو في أيّ مكانٍ آخر؛ لن تكون موجودةً، وتتطلّب كيمياء الحياة، بل كيمياء أيّ شيءٍ على الإطلاق، أن تصنع العناصر جزيئات، والمشكلة أنّ الجزيئات لا تُصنع، ولا يمكنها البقاء في أفرانٍ نوويّةٍ حراريّةٍ، أو انفجاراتٍ نجميّةٍ، فهي تحتاج إلى بيئةٍ أكثر برودةً وهدوءاً. إذنْ، كيف يمكن للكون أن يصبح المكان الغنيّ بالجزيئات الذي نعيش فيه الآن؟

نعود للحظةٍ إلى مصنع العناصر في داخل أحد النجوم العملاقة من الجيل الأوّل.

كما رأينا حالاً، هناك في المركز، وفي درجات حرارةٍ تزيد على 10 مليون درجة، تصطدم نوى الهيدروجين سريعة الحركة (التي هي عبارة عن بروتونات وحيدة) عشوائيّاً ببعضها، ويتسبّب الحدث بسلسلةٍ من ردود الأفعال النوويّة التي ينتج معظمها في النهاية الهيليوم والكثير من الطاقة، وطالما أنّ النجم «قيد التشغيل»، فإنّ الطاقة الناتجة عن هذه التفاعلات النوويّة تولّد ضغطاً خارجيّاً يكفي لمنع كتلة النجم الهائلة من الانهيار بتأثير ثقلها، مع ذلك، في نهاية المطاف يستنفد النجم ببساطة وقوده من الهيدروجين، وما تبقّى الآن هو كرة من الهيليوم، التي لا يمكنها أن تفعل شيئاً. مسكين هذا الهيليوم! فهو يحتاج إلى زيادةٍ بمقدار عشرة أضعاف في درجة الحرارة قبل أن يُدمج وينتج عناصر أثقل.

بفقدانه مصدر الطاقة، ينهار مركز النجم، ما يؤدّي إلى ارتفاع درجة الحرارة. عند قرابة 100 مليون درجة، تتسارع الجُسيمات، ويحدث اندماج نوى الهيليوم أخيراً، فتتصادم مع بعضها بسرعةٍ كافيةٍ لتتّحد في عناصر أثقل، ويُطلق هذا الاندماج طاقةً كافيةً لمنع المزيد من الانهيار، على الأقلّ لمدّةٍ من الوقت، وتقضي نوى الهيليوم المندمجة مدّةً من الوقت كمنتَجاتٍ وسيطة (مثل البريليوم)، لكنْ في النهاية تكون كلّ ثلاث نوى هيليوم نواة كربون. (بعد ذلك بكثير، عندما تصبح نوى الكربون ذرّات كاملة مع الإلكترونات المرتبطة بها، فإنها تتصدّر الجدول الدوريّ بصفتها أكثر ذرّة مثمرة فيه).

في هذا الوقت، وبالعودة إلى داخل النجم، تتسارع نواتج الاندماج النوويّ، وبعد أن ينفد الهيليوم من المنطقة الساخنة، تاركاً وراءه كرةً من الكربون مُحاطةً بغطاءٍ من الهيليوم، الذي بدوره يكون مُحاطاً ببقيّة النجم، ينهار قلب النجم مجدّداً، وعندما تصل الحرارة إلى 600 مليون درجة، يبدأ الكربون في الانصهار أيضاً والتصادم مع جيرانه، مُدمجاً بعناصر أثقل عبْر مساراتٍ

نوويّةٍ أكثر تعقيداً، ويحصل ذلك كلّه مع توفير طاقةٍ كافيةٍ لمنع مزيدٍ من الانهيار. يعمل هذا المصنع النجميّ الآن على قدمٍ وساق، صانعاً النيتروجين، والأكسجين، والصوديوم، والمغنيزيوم، والسيليكون.

نصل إلى أسفل الجدول الدوريّ؛ عند الحديد. يتوقّف الأمر عند الحديد، وهو العنصر الأخير الذي يُدمَجُ في مراكز نجوم الجيل الأوّل، فإذا قمت بدمج الحديد، أو أيّ عنصرٍ أثقل، فإنّ التفاعل سيمتصّ الطاقة عوضاً عن بعثها، لكنّ النجوم تعمل في مجال بعث الطاقة وإصدارها؛ لذا سيكون يوماً سيّئاً للنجم حين يجد أنّ قلبه أصبح كرةً من الحديد، وبدون وجود مصدرٍ للطاقة لتحقيق التوازن مع قوّة جاذبيّته التي لا ترحم، ينهار مركز النجم على الفور، وفي غضون ثوان، يؤدّي الانهيار -وما يصاحبه من ارتفاعٍ سريعٍ لدرجة الحرارة- إلى انفجارٍ هائلٍ هو المُستعِر الأعظم. الآن هناك الكثير من الطاقة لصنع العناصر الأثقل من الحديد، ففي أعقاب الانفجار، تنتشر سحابةٌ واسعةٌ من العناصر الموروثة من نجم الجيل الأوّل التي صنعها قبل أن يتناثر في الفضاء، وإذا نظرنا إلى أهمّ مكوّنات السحابة نجد: ذرّات الهيدروجين، والهيليوم، والأكسجين، والكربون، والنيتروجين. هل تبدو لك مألوفة؟ باستثناء الهيليوم، الخامل كيميائياً، هذه العناصر هي المكوّنات الرئيسة للحياة كما نعرفها، ونظراً إلى التنوّع المذهل الذي يمكن تشكيله من هذه الذرّات، سواء مع نفسها أم مع بعضها، يمكن لها أن تشكّل مكوّناتٍ لحياةٍ لا نعرفها أيضاً.

الكون الآن جاهزٌ، وراغبٌ، وقادرٌ على تكوين أولى الجُزيئات في الفضاء، وبناء الجيل التالي من النجوم.

لتصنع السُحُب الغازيّة جُزيئاتٍ دائمة، لا يكفي أن تحتوي على المكوّنات الصحيحة فحسب، بل يجب أن تكون باردةً أيضاً. في السُحُب الأكثر سخونةً من عدّة آلاف من الدرجات تتحرّك الجُسيمات بسرعةٍ كبيرةٍ، وبذلك تكون التصادمات الذريّة نشطةً جداً، ولا يمكنها الالتصاق ببعضها والحفاظ على نفسها، حتّى لو تمكّنت ذرّتان من الالتقاء وصنع جُزيءٍ، فإنّ ذرّةً أُخرى ستصطدم بهما على الفور وبما يكفي من الطاقة لتفريقهما. إنّ درجات الحرارة المرتفعة، وسرعة الحركة العالية، اللّتين عملتا بنجاحٍ في أثناء الاندماج، تعملان الآن ضدّ الكيمياء.

يمكن للسُحُب الغازيّة أن تعيش حياةً طويلةً وسعيدةً طالما أنّ الحركات المضطّربة للجيوب الداخليّة الغازيّة تجعلها متماسكةً، مع ذلك، عادةً ما تتباطأ الحركة في مناطق من السحابة، وتبرد بما يكفي لانتصار الجاذبيّة وانهيار السحابة. في الواقع، تؤدّي العمليّة ذاتها التي تشكّل

الجُزيئات إلى تبريد السحابة أيضاً: عندما تصطدم ذرّتان وتلتصقان ببعضهما، فإنّ الطاقة التي جمعتهما تُلتقط في الرابطة الجديدة التي جمعتهما، أو تنبعث كإشعاع.

وللتبريد أثرٌ ملحوظٌ على بُنية السحابة، تتصادم الذرّات الآن مثل القوارب البطيئة، وتلتصق ببعضها وتصنع جزيئاتٍ عوضاً عن أن تدمّرها كما كانت تفعل سابقاً، ولأنّ الكربون يرتبط بسهولةٍ مع نفسه، يمكن لجُزيئات الكربون أن تصبح كبيرةً ومعقّدة. بعض هذه الجُزيئات يصبح متشابكاً فيزيائياً، مثل: حبّات الغبار التي تتجمّع تحت السرير، أو الأريكة، ويمكن أن يحدث الأمر نفسه مع جُزيئات السيليكون (في حال وجِد عوضاً عن الكربون). في كلتا الحالتين، تصبح كلّ حبّةٍ من حبّات الغبار مكاناً مزدحماً بالأحداث، وممتلئاً بالشقوق والوديان الملائمة للمزيد من الذرّات للالتقاء براحةٍ، وبناء المزيد من الجُزيئات، وكلّما انخفضت درجة الحرارة، أصبحت الجُزيئات أكبر وأكثر تعقيداً.

من بين أولى الجُزيئات وأكثرها شيوعاً، التي تتشكّل بمجرّد انخفاض درجة الحرارة إلى أقلّ من بضعة آلاف درجة، هناك عدّة أنواعٍ من الجُزيئات الثنائيّة (ثنائيّة الذرّة)، والثلاثية (ثلاثيّة الذرّة) المألوفة، على سبيل المثال: يستقرّ أحادي أكسيد الكربون (CO) قبل مدّةٍ طويلةٍ من أن يتكثّف الكربون في حبّات غبار، ويصبح جُزيء الهيدروجين (H_2) المكوّن الرئيس لسُحُب الغاز المبرّدة، التي يمكن أن نسمّيها الآن على نحوٍ معقولٍ السُّحُب الجُزيئيّة، ومن بين الجُزيئات الثلاثيّة التي تتشكّل بعد ذلك: الماء (H_2O)، وثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وسيانيد الهيدروجين (HCN)، وكبريتيد الهيدروجين (H_2S)، وثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، وهناك أيضاً الجُزيء الثلاثيّ النشط في التفاعل (H_3+)، الذي يتوق لمنح بروتونه الثالث لجيرانه المحتاجين، ما يحفّز المزيد من التفاعلات الكيميائيّة الأُخرى.

بينما تستمرّ درجة حرارة السحابة بالانخفاض، حيث تنخفض إلى أقلّ من 100 كلفِن، أو نحو ذلك، تظهر المزيد من الجزيئات الأكبر حجماً، التي يمكنك أن تجد بعضها في مرآب المنزل، أو في المطبخ: الأسيتيلين (C_2H_2)، والأمونيا «النشادر» (NH_3)، والفورمول (H_2CO)، والميثان (CH_4). وفي السُّحُب الأكثر برودةً يمكننا العثور على المكوّنات الرئيسة لمركباتٍ مهمّةٍ أُخرى: مانع التجمّد (المصنوع من إيثيلين غليكول)، والمشروبات الكحوليّة (الكحول الإيثيلي)، والعطور (البنزن)، والسكّر (الغليكوليك)، وكذلك حمض الفورميك المماثل في بُنيته للأحماض الأمينيّة؛ اللَّبِنات الرئيسة للبروتينات.

تصل عمليّة الجرد الراهنة للجزيئات التي تسبح بين النجوم إلى قرابة 130 نوعاً، ومن أكبرها وأكثرها تعقيداً من الناحية الهيكليّة نجد: الأنثراسين ($C_{14}H_{10}$)، والبيرين ($C_{16}H_{10}$)،

اللذين اكتُشِفا في عام 2003 في السديم المستطيل الأحمر، على بُعد قرابة 2300 سنةٍ ضوئيّةٍ عن الأرض، من قِبل أدولف إن ويت وزملائه في جامعة توليدو في أوهايو. ينتمي الأنثراسين والبيرين -المكوّنان من حلقات الكربون الثابتة والمستقرّة- إلى عائلةٍ من الجُزيئات يدعوها علماء الكيمياء، المحبُّون للأسماء الطويلة، الهيدروكربونات العطريّة متعدّدة الحلقات، أو PAHs، ومثلما تعتمد الجُزيئات الأكثر تعقيداً في الفضاء على الكربون، نعتمد -نحن البشر- عليه كذلك.

كان وجود الجزيئات في الفضاء، وهو ما يُعدّ الآن أمراً مفروغاً منه؛ غير معروفٍ لعلماء الفيزياء الفلكيّة حتّى عام 1963، وهو وقتٌ متأخّرٌ على نحوٍ ملحوظٍ بالنظر إلى حالة العلوم الأُخرى، وكان جُزيء الحمض النوويّ قد وُصِف حينها، وكانت القنبلة الذريّة، والقنبلة الهيدروجينيّة، والصواريخ البالستيّة قد أُخترعت، وكان برنامج أبولو لهبوط الإنسان على القمر قيد التقدُّم، وكان قد صُنع 11 عنصراً أثقل من اليورانيوم في المختبر.

كان سبب هذا النقص في الفيزياء الفلكيّة هو أنّ نافذةً كاملةً من الطيف الكهرومغناطيسيّ، وهي الأمواج الصُّغريّة، لم تكن قد فُتحت بعد، كما رأينا في القسم 3، يقع الضوء الذي تمتصّه وتبعثه الجُزيئات عادةً في جزء الأمواج الصُّغريّة من الطيف، وهكذا لم يكشِف التعقيد الجُزيئيّ للكون عن روعته حتّى استُعمِل تلسكوب الأمواج الصُّغريّة في الستينيّات، وسرعان ما تبيّن أنّ المناطق الغامضة في درب التبّانة كانت مصانع كيميائيّة نشِطة؛ حيث أُكتشف وجود جُزيء الهيدروكسيل (OH) في الفضاء عام 1963، والأمونيا عام 1968، والماء عام 1969، وأوّل أكسيد الكربون عام 1970، والكحول الإيثيلي عام 1975؛ جميعها تسبح في الفضاء بين النجميّ، وبحلول منتصف السبعينيّات من القرن العشرين، كشفت الأمواج الصُّغريّة عن إشاراتٍ، أو «بصمات» قرابة أربعين جُزيئاً في الفضاء.

للجُزيئات بُنيةٌ محدّدةٌ، لكنّ الروابط الإلكترونيّة التي تجمع الذرّات مع بعضها ليست قويّةً: فهي تهتزّ، وتتذبذب، وتلتفّ، وتتمدّد. في الواقع، للأمواج الصُّغريّة النطاق الصحيح من الطاقة لتحفيز هذا النشاط. (وهذه هي طريقة عمل فرن الميكروويف: تسليط أمواج صُغريّة ضمن نطاق الطاقة المناسبة، ما يؤدّي إلى اهتزاز جُزيئات الماء في الطعام الموجود في الفرن، ويؤدّي الاحتكاك بين الجُسيمات المتراقصة إلى توليد حرارةٍ وتسخين الطعام بسرعةٍ من الداخل).

كما هو الحال مع الذرّات، يعرّف كلّ نوعٍ من أنواع الجُزيئات الموجودة في الفضاء عن نفسه بنمطٍ فريدٍ في طيفه، ويمكن مقارنة هذه الأنماط بسهولةٍ مع الأنماط المُفهرَسة في المختبرات هنا على الأرض، وبدون بيانات المختبر، التي تُستكمل غالباً بالحسابات النظريّة، لن

نعرف ما هو الجُزيء الذي ننظر إليه في التلسكوب. كلّما كان الجُزيء أكبر، ازدادت الروابط المسؤولة عن الحفاظ عليه، وازدادت طرائق اهتزاز هذه الروابط وتذبذبها، وكلّ نوعٍ من هذه الاهتزازات له طول موجيّ مميّز في الطيف، أو «لون»؛ وتستحوذ بعض الجُزيئات على مئات، أو حتّى آلاف «الألوان»، عبْر طيف الأمواج الصُغريّة، في الأطوال الموجيّة التي تظهر امتصاص الضوء، أو انبعاثه عند تنشيط إلكتروناتها. إنّ عمليّة استخراج بصمة جُزيءٍ من بين البصمات الأُخرى عملٌ شاقٌّ، يشبه التقاط صوت طفلك الصغير في غرفةٍ ممتلئةٍ بالأطفال الذين يصرخون في أثناء اللعب؛ إنّه صعب، لكنْ يمكنك القيام به، فما تحتاج إليه كلّه هو وعيٌ ثاقبٌ بنوع الصوت الذي يصدره طفلك؛ هذا هو مختبرك في هذه المسألة.

لا يستمرّ الجُزيء -بعد تشكُّله- بحالةٍ مستقرّةٍ بالضرورة، وفي المناطق التي تولد فيها النجوم الحارّة للغاية، يحوي ضوء النجوم كميّاتٍ وافرةً من الأشعّة فوق البنفسجيّة، والأشعّة فوق البنفسجيّة ضارّة بالجُزيئات؛ لأنّ طاقتها العالية تحطّم الروابط بين الذرّات المكوّنة للجُزيء، ولهذا السبب، الأشعّة فوق البنفسجيّة ضارّة بالنسبة إليك أيضاً: من الأفضل دائماً تجنّب الأشياء التي تتسبّب بتحلّل جُزيئات جسدك؛ لذا انسَ أمر أن تكون سحابة الغاز العملاقة باردةً بما فيه الكفاية لتشكيل جُزيءٍ داخلها؛ إنْ كان الوسط المحيط ممتلئاً بالأشعّة فوق البنفسجيّة، فستُشوى الجُزيئات، وكلّما ازداد حجم الجُزيء، انخفضت قدرته على تحمُّل مثل هذا الخطر.

بعض السحب الغازيّة البينجميّة كبيرةٌ جدّاً وكثيفةٌ، وبذلك يمكن لطبقاتها الخارجيّة أن تحمي طبقاتها الداخليّة. تُوقف الأشعّة فوق البنفسجيّة عند حوافّ السحابة بوساطة جُزيئاتٍ تهَب حياتها لحماية إخوانها من الجُزيئات في الداخل، وبهذه الطريقة تحتفظ السحابة الباردة بالكيمياء المعقّدة داخلها.

لكنْ أخيراً ينتهي زمن الاستقرار للجُزيئات؛ فبمجرد أن يصبح مركز سحابة الغاز -أو أيّ جيبٍ آخر من الغاز- كثيفاً وبارداً بدرجةٍ كافيةٍ، يصبح متوسّط طاقة جُسيمات الغاز المتحرّكة أضعف من أن يحمي البُنية من الانهيار بتأثير جاذبيّتها، هذا الانكماش التلقائيّ بسبب الجاذبيّة يضخّ الحرارة مجدّداً، ويحوِّل سحابة الغاز السابقة إلى مكانٍ تشتعل فيه الحرارة في اندماجٍ نوويٍّ حراريّ؛ أجل، نجمٌ آخر يولد.

على نحوٍ حتميٍّ، لا مهرب منه، ويمكننا القول: إنّه مأساوي، تتحطّم الروابط الكيميائيّة -بما في ذلك جميع الجُزيئات العضويّة التي صنعتها السحابة بجدٍّ في طريقها إلى صنع روائع الكون- في الحرارة الشديدة، ومع ذلك، تنجو المناطق المنتشرة من السحابة من هذا المصير، ويكون

قسمٌ من الغاز قريباً بما يكفي من النجم ليتأثّر بقوّة الجاذبيّة المتزايدة، وعلى مسافةٍ كافيةٍ أيضاً كي لا يُسحب إلى النجم نفسه. في تلك الشرنقة الملتفّة من الغبار الغازيّ حول النجم، تتشكّل أقراصٌ سميكةٌ من المادّة الكثيفة في مدارٍ آمنٍ حول النجم، وفي داخل هذه الأقراص، يمكن للجُزيئات القديمة أن تنجو، ويمكن لجُزيئاتٍ جديدةٍ أن تتشكّل.

ما لدينا الآن هو نظامٌ شمسيٌّ في طور التكوين، سيحوي قريباً كواكب ومذنّبات غنيّة بالجُزيئات، وبمجرّد وجود بعض الموادّ الصلبة، فلا حدود لما يمكن أن نصل إليه من العمليّات الكيميائيّة، ويمكن للجُزيئات أن تكبر كما تشاء. ضع الكربون في ظلّ هذه الظروف، ويمكن أن نحصل على أكثر المركبات الكيميائيّة المعروفة لنا تعقيداً. ما مدى تعقيدها؟ تُعرف باسْمٍ آخر: عِلم الأحياء.

- 23 -

غولديلوكس والكواكب الثلاثة

كان يا ما كان في قديم الزمان، قبل قرابة أربعة مليارات سنة، اكتمل تشكيل النظام الشمسيّ تقريباً، وتشكَّل الزهرة قريباً من الشمس بما يكفي لتبخُّر الطاقةُ الشمسيّةُ المكثَّفةُ مخزونَه من الماء، وتشكَّل المرّيخ بعيداً عن الشمس بما يكفي ليتجمَّد ماؤه إلى الأبد، وكان هناك كوكبٌ واحدٌ؛ الأرض، يبعد عن الشمس «المسافة الصحيحة» ليظلّ الماء سائلاً، وسيصبح سطحه ملاذاً آمناً للحياة، وأصبحت هذه المنطقة حول الشمس تُعرف بالمنطقة الصالحة لنشوء الحياة أو كما تعرف اصطلاحاً بـ«المنطقة الصالحة للسكن».

الطفلة غولديلوكس (في قصّة الأطفال المعروفة) تحبّ الأشياء «المناسبة» أيضاً، وعندما دخلت بيت الدببة، وجدت ثلاثة أطباقٍ من الحساء على الطاولة، كان أحدها ساخناً جدّاً، والثاني بارداً جدّاً، بينما كان الطبق الثالث مناسباً؛ لذا أكلته، ووجدت أيضاً ثلاثة أسرَّة، كان الأوّل قاسياً جدّاً، والثاني ليِّناً جدّاً، بينما السرير الثالث كان مناسباً؛ لذا نامت عليه، وعندما عادت الدببة الثلاثة إلى بيتهم، لم يجدوا طبقاً ناقصاً من الحساء فحسب، بل وجدوا غولديلوكس نائمةً أيضاً على السرير. (لا أتذكّر كيف تنتهي القصّة، لكنّني لو كنت مكان الدببة: حيوان لاحِم على قمّة السلسلة الغذائيّة؛ لأكلت غولديلوكس).

يمكن للقابليّة النسبيّة للحياة على الزهرة، والأرض، والمرّيخ أن تخدع غولديلوكس، لكنّ القصّة الفعليّة لهذه الكواكب معقّدةٌ أكثر من ثلاثة أطباقٍ من الحساء؛ فقبل أربعة مليارات سنة، كانت المذنَّبات الغنيّة بالماء، والكويكبات الغنيّة بالمعادن، ما تزال ترشق أسطح الكواكب، وإن كان بمعدّلٍ أبطأ بكثير من قبل، وخلال لعبة البلياردو الكونيّة هذه، هاجرت بعض الكواكب من مكان تشكُّلها إلى الداخل، بينما طُردت كواكبُ أُخرى إلى مداراتٍ أكبر وأبعد، ومن بين عشرات

الكواكب التي تشكّلت، هَوَى بعضها نحو الشمس، أو المشتري؛ لأنّ مداراتها لم تكن مستقرّةً؛ أمّا بعضها الآخر فقد أُخرج من النظام الشمسيّ كلّه. في النهاية، كانت الكواكب القليلة المتبقّية هي الكواكب ذات المدارات «الصحيحة» للنجاة لمليارات السنين.

استقرّ كوكب الأرض في مدارٍ يبلغ متوسّط بُعده عن الشمس 93 مليون ميل، وعلى هذه المسافة، تعترض الأرض جزءاً من 2 مليار من إجماليّ الطاقة التي تشعّها الشمس. لو افترضنا أنّ الأرض تمتصّ الطاقة الساقطة من الشمس كلّها، فستكون درجة الحرارة المتوسّطة لكوكبنا 280 كلفِن (50 فهرنهايت، أو 10 درجات مئويّة)؛ أيْ: وسْط درجات الحرارة المُسجّلة في الصيف والشتاء، في الضغط الطبيعيّ للغلاف الجويّ، يتجمّد الماء عند درجة 273 كلفِن (0 درجة مئويّة)، ويغلي عند درجة 373 كلفِن (100 درجة مئويّة)، إذنْ، نحن في موقعٍ جيّدٍ ليبقى ماء الكوكب كلّه تقريباً في حالةٍ سائلةٍ وسعيدة.

ليس بعد، أحياناً في العِلم قد تصل إلى الجواب الصحيح من أسبابٍ خاطئة. تمتصّ الأرض في الواقع ثلثي الطاقة فقط التي تصلها من الشمس؛ إذْ يعكس سطح الأرض (خاصّة المحيطات) والغيوم الجزء الباقي إلى الفضاء، وبدخول الانعكاس إلى المعادلة، ينخفض متوسّط درجة الحرارة إلى 255 كلفِن (ما يعادل -18 درجة مئويّة)، وهذه الدرجة أقلّ من درجة تجمّد الماء، ويجب أن يحدث شيءٌ في الوقت المعاصر ليرتفع متوسّط درجة الحرارة إلى وضعٍ أكثر ملاءمة.

لكن تمهّل مرّةً أخرى! تخبرنا نظريّات التطوّر النجميّ كلّها أنّه قبل 4 مليارات سنة، عندما كانت الحياة تتشكّل من الحساء البدائيّ للأرض، كان سطوع الشمس أقلّ: ثلث ما هو عليه اليوم، ما جعل متوسّط درجة حرارة الأرض أقلّ من درجة التجمّد بكثير.

ربّما كانت الأرض ببساطةٍ أقرب إلى الشمس في السابق، لكنْ بعد المرحلة المبكّرة من التعرّض الكثيف للمذنّبات والكويكبات، لا يمكن لأيّة آليّةٍ معروفةٍ أن تفسّر اقتراب وابتعاد المدارات المستقرّة عن الشمس في النظام الشمسيّ. ربّما كان تأثير الدفيئة أقوى في الماضي، لا نعرف يقيناً، ما نعرفه أنّ المناطق الصالحة للسكن، أو الملائمة عموماً، لها علاقة ثانويّة فقط بإمكانيّة نشوء حياةٍ في الكواكب التي تكون ضمنها.

توفّر معادلة دريك الشهيرة، التي استُعملت في البحث عن ذكاء فضائيّ، تقديراً بسيطاً لعدد الحضارات التي يمكن أن توجد في مجرّة درب التبّانة. عندما وضع الفلكيّ الأمريكيّ فرانك دريك هذه المعادلة في ستينيّات القرن العشرين، لم يكن مفهوم المنطقة الصالحة للسكن يمتدّ إلى أكثر من فكرة «المسافة الصحيحة» لبُعد الكواكب عن نجومها، وتنصّ معادلة دريك على أنْ نبدأ بعدد النجوم في المجرّة (مئات المليارات)، اضرب هذا العدد بنسبة النجوم التي تدور حولها

كواكب، واضرب ناتج ذلك بعدد الكواكب الموجودة في المنطقة الصالحة للسكن، وبضرب الناتج بنسبة الكواكب التي من الممكن أن تطوّر حياةً، ثمّ نسبة الكواكب التي من الممكن أن تطوّر حياةً ذكيّةً، ثمّ التي من الممكن أن تطوّر تقنيّةً يمكنها من خلالها السفر في الفضاء بين النجوم، أخيراً، تصل إلى عدد الحضارات المتقدّمة الموجودة الآن، وربّما تنتظر اتّصالاً منّا لنسألهم عن أحوالهم.

تعيش النجوم الصغيرة ومنخفضة الحرارة بالنسبة إلى غيرها من النجوم، ومنخفضة الإضاءة؛ لمئات المليارات، بل ربّما تريليونات السنين، وبذلك تتيح للكواكب التي تدور حولها الكثير من الوقت لتطوير شكلٍ، أو اثنين من أشكال الحياة، لكنّ المنطقة الصالحة للسكن تكون قريبةً جدّاً من النجم المُضيف، ويكون مدار الكوكب حول تلك النجوم مقفلاً مديّاً؛ أي: إنّه سيُظهِر الوجه نفسه للنجم دائماً (تماماً كما يُظهِر القمر الوجه نفسه للأرض دائماً)، ما يؤدّي إلى اختلالٍ كبيرٍ في حرارة الكوكب، فالمياه الموجودة كلّها على الجانب المواجه للنجم ستتبخّر، بينما يتجمّد الماء الموجود على الجانب الآخر، وإذا ذهبت غولديلوكس إلى كوكب كهذا، ستختار أن تعيش وتأكل حساء الشوفان عند الحدّ الفاصل بين الجانب المُضيء الأبديّ والجانب المُظلم السرمديّ، وهناك مشكلةٌ أُخرى في المناطق الصالحة للسكن حول هذه النجوم الصغيرة، وذات العمر الطويل، وهي أنّها ضيّقةٌ جدّاً، ومن غير المرجّح أن يجد كوكبٌ في مدارٍ عشوائيٍّ نفسه عند «المسافة الصحيحة» من النجم.

على النقيض من ذلك، تملك النجوم الكبيرة، والحارّة، والساطعة جدّاً، مناطقَ واسعةً صالحةً للسكن يمكن لمدارات الكواكب أن تستقرّ فيها، لكنْ لسوء الحظّ، هذه النجوم نادرةٌ، وعُمرها قصيرٌ لا يتجاوز عدّة ملايين من السنين قبل أن تنفجر انفجاراً عنيفاً؛ لذا لا يمكن لكواكبها أن تطوّر بعض المرشّحين المساكين للحياة كما نعرفها، إلّا في حال حدوث نوعٍ من التطوّر السريع، لكنْ لا أظنّ أنّ الأحياء القادرة على القيام بالرياضيّات المعقّدة ستكون أوّل شيءٍ يظهر من الحساء البدائيّ.

يمكننا أن نفكّر في معادلة دريك على أنّها غولديلوكس الرياضيّات؛ أي: إنّها طريقةٌ لاستكشاف فرص الحصول على الأشياء بِـ«المقدار الصحيح»، لكنّ معادلة دريك كما صُمّمت في الأصل لا تتضمّن المرّيخ، الذي يقع خارج المنطقة الصالحة للسكن في نظامنا الشمسيّ، لكنّ سطح المرّيخ يُظهِر عدداً لا يحصى من مجاري الأنهار الجافّة، وفروع الأنهار، والسهول الفيضيّة، التي تشكّل دليلاً مباشراً على وجود المياه السائلة سابقاً في تاريخ المرّيخ.

ماذا عن الزهرة، «شقيقة» الأرض؟ يقع الزهرة في المنطقة الصالحة للسكن في نظامنا

الشمسيّ، ويتمتّع الكوكب المُغطّى بالكامل بغطاءٍ سميكٍ من السُّحُب، بأعلى درجة انعكاسٍ لأيّ كوكبٍ في النظام الشمسيّ، ولا يوجد سببٌ واضحٌ يمنع كوكب الزهرة من أن يكون مكاناً مريحاً، لكنّه يعاني من آثارٍ عنيفةٍ من الاحتباس الحراريّ؛ يحبس الغلاف الجويّ السميك من ثاني أكسيد الكربون ما يقارب 100% من كميّات الإشعاع الصغيرة التي تصل إلى سطحه، بدرجة 750 كلفِن (قرابة 900 فهرنهايت، 480 درجة مئويّة)، ويُعدّ كوكب الزهرة الكوكب الأعلى حرارةً في النظام الشمسيّ، على الرغم من أنّه يدور في مدارٍ يبعد ضعفَي المسافة التي يبعدها كوكب عطارد عن الشمس.

إذا حافظت الأرض على التطوّر المستمرّ للحياة عبْر مليارات السنين من العواصف والأحداث الدراميّة، فربّما توفّر الحياة بنفسها آليّةً ذات مفعولٍ رجعيٍّ، مناسبةً للحفاظ على الماء سائلاً. طوّر عالِما الأحياء: جيمس لوفلوك، ولين مارغوليس في السبعينيّات هذه الفكرة، وتُعرف هذه الفرضيّة باسْم فرضيّة «غايا»، وتنصّ هذه الفكرة المؤثّرة والمثيرة للجدل على أنّ خليط الأنواع على الأرض يعمل في أيّة لحظةٍ ككائنٍ جمعيٍّ يسعى باستمرار (بدون قصد) لضبط تكوين الغلاف الجويّ للأرض ومناخها لتعزيز وجود الحياة، وضمن ذلك وجود الماء السائل. إنّني مفتونٌ بهذه الفكرة! وهي من أروع أفكار العصر الجديد، لكنّني أراهن أنّ هناك بعض الضحايا من المرّيخ والزهرة الذين افترضوا مثل هذه النظريّة عن كوكبهم قبل مليار سنة.

يتطلّب مفهوم المنطقة الصالحة للسكن -عندما نتوسّع به- وجودَ مصدر طاقةٍ من أيّ نوعٍ لتسييل المياه. مثلاً: القمر يوروبا المتجمّد، أحد أقمار المشتري، يُسخّن بوساطة قوى المدّ والجزْر التي يسبّبها حقل جاذبيّة المشتري، مثل كرة المضرب التي تسخن جرّاء الضغط المستمرّ الناتج عن الضرب المستمرّ، ويسخن القمر يوروبا من الضغط المتنوّع الناتج عن قوّة جذب المشتري التي تكون أكبر على أحد جانبيه من الجانب الآخر، يمكن من ذلك -إضافةً إلى المراقبات الراهنة- استنتاج دلائل نظريّة على وجود محيطٍ من الماء السائل (وربّما طينيّ) تحت الجليد السطحيّ، وبالنظر إلى خصوبة الحياة داخل محيطات الأرض، ربّما يكون يوروبا هو أكثر الأماكن الموعودة في النظام الشمسيّ بوجود حياةٍ خارج الأرض.

توجد طفرةٌ حديثةٌ أُخرى في مفهومنا للمنطقة الصالحة للسكن، وهي التصنيف الحديث للكائنات الحيّة المتطرّفة، التي تمثّل أشكال حياةٍ لا تنجو فحسب، بل تزدهر في أقصى درجات الحرارة الحارّة والباردة. لو أنّ من بين هذه الأحياء الدقيقة المتطرّفة علماء بيولوجيا، لقاموا بتصنيف أنفسهم طبيعيّين، وتصنيفنا -نحن الكائنات الحيّة التي تعيش في درجة الحرارة الطبيعيّة بالنسبة إلينا- على أنّنا كائناتٌ متطرّفة، ومن بين هذه الكائنات هناك البكتيريا المُحِبّة

للحرارة، وتوجد عادةً في الأخاديد الموجودة في قاع المحيط، حيث يُسخّن الماء المضغوط إلى ما يفوق درجة الغليان الطبيعيّة، ليخرج من أسفل القشرة الأرضيّة إلى حوض المحيط البارد؛ هذه الظروف تشابه وضع الماء في وعاء الضغط المنزليّ، حيث يُوفِّرُ ضغطٌ عالٍ ضمن الوعاء المزوَّد بغطاءٍ قابلٍ للقفل، ويُسخَّن الماء إلى ما يفوق درجة حرارة الغليان، من دون أن يصل إلى الغليان بالفعل.

في قاع المحيط البارد، تتسرّب المعادن الذائبة من فتحات الماء الساخنة، وتشكّل مداخن مساميّة الشكل وعملاقةً يصل طولها إلى عشرات الطوابق، وتكون ساخنةً من الداخل، وباردةً على الأطراف، حيث تكون على اتّصالٍ مباشرٍ مع ماء المحيط، وعلى درجات الحرارة المنحدرة هذه، تعيش أعدادٌ لا تُحصى من أشكال الحياة التي لم ترَ الشمس قطّ، ولا تهتمّ بوجودها أصلاً. تعيش هذه الكائنات الدقيقة القاسية على الطاقة الحراريّة الأرضيّة، وهي مزيجٌ من الحرارة المتبقّية من تكوين الأرض والحرارة التي تتسرّب باستمرارٍ إلى قشرة الأرض من التحلّل الإشعاعيّ للنظائر الطبيعيّة التي تحدث على نحوٍ ثابتٍ لعناصرَ كيميائيّةٍ مألوفةٍ، مثل: الألمنيوم26 الذي يدوم لملايين السنين، والبوتاسيوم 40 الذي يستمرّ لمليارات السنين.

إذنْ، لدينا في قاع المحيطات ما يمكن أن يكون النظام الحيويّ الأكثر رسوخاً على الأرض كلّها. ماذا سيحدث في حال ضرب الأرض كويكبٌ عملاقٌ ودمَّر أشكال الحياة الموجودة على سطحها كلّها؟ ستستمرّ الأحياء المحبّة للحرارة في المحيط بشجاعةٍ في حياتها، وربّما تكون هذه الأحياء السبب في إعادة إعمار سطح الأرض بالحياة بعد انقراضنا جميعاً في هذه الحالة. وماذا لو أُقتلعت الشمس بطريقةٍ ما من مركز النظام الشمسيّ، أو ابتعدت الأرض عن مدارها منجرفةً في الفضاء؟ بالتأكيد لن يلقى حدثٌ كهذا اهتمام الأحياء المتطرّفة، لكنْ في 5 مليارات سنة، ستصبح الشمس عملاقاً أحمرَ بينما تتمدّد لتملأ المدارات الداخليّة للنظام الشمسيّ، وفي هذه الأثناء، ستتبخّر محيطات الأرض، وستتبخّر الأرض نفسها. حسناً، يمكن لهذا أن يؤثّر على حياة الكائنات المحبّة للحرارة.مكتبة سُر مَن قرأ

لو كانت الأحياء المحبّة للحرارة واسعة الانتشار على الأرض، فإنّ هذا يقودنا إلى سؤالٍ أعمق: هل هناك احتمالٌ بوجود حياةٍ في أعماق الكواكب التي طُرِدت من النظام الشمسيّ في أثناء تكوّنه؟ يمكن لهذا المخزون من «الجغرافيا» الحراريّة أن يستمرّ لمليارات السنين. وماذا عن الكواكب التي لا تُحصى، والتي أُبعدت عن النُظم الشمسيّة الأُخرى التي تشكلت كلّها؟ هل يمكن أن يعجّ الفضاء بين النجوم بالحياة التي يمكنها أن تتطوّر عميقاً في هذه الكواكب المشرَّدة؟

بعيداً عن اقتصارها على أن تكون منطقةً محدّدةً ومرتّبةً حول نجمٍ ما، وتتلقّى كميّةً مناسبةً من أشعّة شمسها، ويمكن للمنطقة الصالحة للسكن أن تكون في أيّ مكان؛ لذا ربّما كوخ «الدببة الثلاثة» لم يكن مكاناً خاصّاً في الحكايات الخياليّة، ويمكن لأيّ مكانٍ، مثل: كوخ «الخنازير الثلاثة»، أن يحوي بداخله «وعاء الطعام الصحيح». لقد تعلّمنا الآن أنّ النسبة في معادلة دريك، التي تحسب وجود كواكب في المنطقة الصالحة للسكن، قد تصل إلى 100%.

يا لها من حكايةٍ خياليّةٍ مفعمةٍ بالأمل! يمكن للحياة، بعيداً عن كونها نادرةً وثمينةً؛ أن تكون شائعةً كعدد الكواكب نفسها، وفيها تعيش البكتيريا المحبّة للحرارة في سعادةٍ وهناءٍ لخمسة مليارات سنة تقريباً.

- 24 -

الماء، الماء

إذا نظرنا حولنا في الفضاء، سنلحظ وجود بعض الأماكن الجافّة، وغير الصديقة للحياة في نظامنا الشمسيّ؛ لذا قد نعتقد أنّ الماء، على الرغم من وفرته على الأرض؛ سلعةٌ نادرةٌ في أماكن أُخرى في المجرّة، لكنْ من بين الجُزيئات ثلاثيّة الذرّات جميعها، يُعدّ جُزيء الماء الأكثر وفرةً، وفي ترتيب العناصر المتوفّرة في الكون، تحتلّ مكوّنات الماء: الهيدروجين، والأكسجين، المرتبتين: الأولى، والثالثة في القائمة؛ لذا عوضاً عن السؤال عن سبب وجود مياهٍ في بعض الأماكن، يمكننا تعلّم المزيد من خلال السؤال عن سبب عدم وجودها.

بدءاً من النظام الشمسيّ، إذا كنت تبحث عن مكانٍ لا ماء فيه، ولا هواء، فلست في حاجةٍ إلى الذهاب أبعد من القمر. يتبخّر الماء بسرعةٍ في ضغط الغلاف الجويّ القمريّ القريب من الصفر، وفي نهاره الذي يمتدّ لأسبوعين في درجة حرارة 200 فهرنهايت (93 درجة مئويّة)، وخلال اللّيل الذي يدوم لأسبوعين، يمكن أن تنخفض درجة الحرارة إلى -250 فهرنهايت (-156 درجة مئويّة)، وهي حالةٌ يمكن أن تجمّد أيّ شيءٍ عمليّاً.

اصطحب روّاد الفضاء في رحلة أبولو إلى القمر، ما يلزمهم كلّه من ماءٍ وهواءٍ (ومكيّفات حرارة) لرحلة الذهاب والعودة، لكنْ ربّما لا تحتاج الرحلات في المستقبل البعيد إلى اصطحاب الماء، أو أيّة موادّ متنوّعة مُستمدّة منه، ودعمت الأدلّة من المركبة «كليمنتاين» التي دارت حول القمر عام 1994 الزعم القديم بوجود بحيراتٍ متجمّدةٍ في قاع الحفر العميقة بالقرب من قطبي القمر[1]: الشمالي، والجنوبي. بافتراض أنّ القمر يتعرّض لهجوم الحطام الفضائيّ الموجود بين

(1) تقول دراسةٌ جديدةٌ أُجريت عام 2018 في معهد علوم الفضاء في بولدر كولورادو: إنّ هناك كميّةً كبيرةً من المياه على القمر تختبئ تحت سطحه. ووجد العلماء أدلّةً على أنّ هذا الماء متوزّعٌ على امتداد سطح القمر، وموجودٌ =

الكواكب على مدار العام، إذنْ، سيشتمل مزيج الحطام على مذنَّباتٍ غنيَّةٍ بالماء. ما مدى كبرها؟ نذكر أنّ النظام الشمسيّ يحتوي على الكثير من المذنَّبات التي يمكن أن يشكّل ذوبان أحدها بحيرةً بحجم بحيرة إري بين كندا والولايات المتّحدة.

لا نتوقّع أن تنجو بحيرةٌ من الماء من التبخّر في الأيّام المشمسة للقمر ذات الحرارة التي تصل إلى 200 فهرنهايت، لكنّ أيّ مذنَّبٍ يصطدم بالقمر ويتبخّر فإنّ بعض جزيئاته ستصل إلى قاع الحفر العميقة بالقرب من القطبين، وستغرق هذه الجزيئات في تربة القمر، وتبقى هناك إلى الأبد؛ لأنّ أعماق التربة القمريّة هي المكان الوحيد الذي «لا تشرق فيه الشمس». (إن كنت تظنّ على نحوٍ آخر أنّ للقمر جانباً مظلماً لا تشرق الشمس عليه، فقد جرى تضليلك من قِبل العديد من المصادر، ومنها بلا شكّ الألبوم الغنائيّ الشهير لفرقة بينك فلويد عام 1973 «الجانب المظلم للقمر»).

كما يعرف سكّان القطبين: الشمالي، والجنوبي المتعطّشون لضوء الشمس، فإنّ الشمس لا ترتفع أبداً عالياً في السماء في أيّ وقتٍ من اليوم، أو من العام. تخيّل الآن العيش في قاع حفرةٍ ترتفع حافّتها أعلى من أعلى مستوى يمكن للشمس أن تصل إليه، في مثل هذه الحفر على القمر؛ حيث لا يوجد هواء يشتّت أشعّة الشمس كما على الأرض، سيكون هناك ظلامٌ أبديّ.

على الرغم من أنّ الجليد يتبخّر في البرودة والظلام في ثلّاجتك المنزليّة بمرور الوقت (انظر فقط إلى مكعّبات الثلج في الثلّاجة بعد عودتك من رحلةٍ طويلةٍ)، فإنّ قاع هذه الحفر شديد البرودة لدرجة تمنع التبخّر بكفاءةٍ تنهي هذا النقاش. لا شكّ في أنّنا عند بنائنا مستوطناتٍ على القمر سيكون مفيداً لنا أن تكون بالقرب من هذه الحفر، وبصرف النظر عن المزايا الواضحة لذلك من الحصول على جليدٍ قابلٍ للإذابة، والترشيح، والشرب، يمكننا أيضاً فصل الهيدروجين عن الماء؛ حيث يمكن استعمال الهيدروجين وبعض الأكسجين كمكوّناتٍ فعّالةٍ في وقود الصواريخ، واستعمال الباقي من الأكسجين في التنفّس، وفي أوقات الفراغ بين المهامّ الفضائيّة، يمكننا التزلّج على البحيرة المتجمّدة التي ننشئها من المياه المستخرَجة.

تخبرنا الحفر الظاهرة على القمر باصطدام العديد من الحطام الفضائيّ به؛ لذا يمكن أن نتوقّع حدوث ذلك للأرض أيضاً. بالنظر إلى حجم الأرض الأكبر، وجاذبيّتها الأقوى، يتوقّع المرء أن تكون قد تعرّضت لمثل ذلك أضعاف المرّات عن القمر، وحدث ذلك منذ ولادتها حتّى اليوم

= خلال النهار القمريّ، واللّيل القمريّ. إلّا أنّ هذا الماء يوجد بمعظمه على شكل جزيئات OH هيدروكسيل فعّال عوضاً عن جزيئات H2O. (م).

الحاضر: في البداية، لم تظهر الأرض فجأةً من العدم بين النجوم ككرةٍ جاهزةٍ، بل نَمَت من السحابة الغازيّة المتكاثفة التي شكّلت الشمس الأوليّة، والتي شكّلت الكواكب أيضاً، واستمرّت الأرض بالنموّ من خلال تراكم الجُسيمات الصلبة الصغيرة، وفيما بعد من خلال الهجوم المستمرّ عليها من الكويكبات الغنيّة بالمعادن، والمذنّبات الغنيّة بالماء. إلى أيّة درجةٍ كان هذا الهجوم مستمرّاً؟ يُفترض أنّ معدّل المذنّبات التي اصطدمت بالأرض في وقتٍ مبكّرٍ كان كافياً لتوفير كامل إمدادات محيطات كوكب الأرض من المياه، لكنْ يظلّ الشكّ والجدل قائمين، وبمقارنة الماء الموجود في محيطات الأرض مع الماء في المذنّبات المرصودة اليوم، نجد أنّ الماء في المذنّبات يحوي نسبةً مرتفعةً من الديتيريوم على نحوٍ غير طبيعيٍّ، وهو أحد نظائر الهيدروجين الذي يحوي نيوتروناً إضافيّاً في نواته. إذا كانت محيطات الأرض قد تشكّلت من المذنّبات، فيجب أن تكون تلك المذنّبات الموجودة في النظام الشمسيّ المبكّر ذات تركيبٍ مختلفٍ إلى حدٍّ ما.[1]

ربما تعتقد أن الخروج من الأرض أمر آمن، لكنّ دراسةً حديثةً حول منسوب المياه في الغلاف الجويّ العُلْويّ للأرض أظهرت أنّ الأرض تتعرّض باستمرارٍ إلى سقوط قطعٍ جليديّةٍ يصل حجمها إلى حجم منزل، تتبخّر كرات الثلج هذه القادمة من بين الكواكب بسرعةٍ عند اصطدامها بالهواء، لكنّها تسْهم أيضاً في ميزانيّة الأرض المائيّة، وإذا كان المعدّل المرصود ثابتاً خلال 4.6 مليار سنة من تاريخ الأرض، يمكن لكرات الثلج هذه أن تكون مسؤولةً عن جزءٍ من محيطات الأرض، وبإضافتنا بخارَ الماء الذي نعرف أنّه ينبعث مع الغازات الناتجة عن الانفجارات البركانيّة، فستكتمل لدينا الأسباب والطرائق التي حصلت فيها الأرض على مياهها السطحيّة.

تشغل محيطاتنا الكبيرة الآن أكثر من ثلثي مساحة الأرض، لكنّها تمثّل واحداً فقط من خمسة آلاف من إجماليّ كتلة الأرض، في حين أنّ كتلة المحيطات تشكّل جزءاً بسيطاً من الكتلة الكليّة، فإنّها تبلغ 1.5 كوينتيليون (10^{18}) طنّ، وهناك 2% منها متجمّد طوال الوقت. إذا عاني كوكب الأرض من الاحتباس الحراري الشديد (كما كوكب الزهرة)، عندها سوف يحبس الغلاف الجويّ كميّاتٍ زائدةً من الطاقة الشمسيّة، وسترتفع درجة حرارة الهواء، وتتبخّر المحيطات

(1) توصّل العلماء العاملون في مهمّة روزيتا الفضائيّة إلى استنتاجٍ يقضي بأنّ مُعظم المياه الموجودة على الأرض جاءت من الكويكبات، وليس من المذنّبات؛ حيث قاسوا مستويات نظائر الهيدروجين في المذنّب 67P شوريوموف-جيراسيمنكو، ووجدوا أنّ نسبة الديتريوم إلى الهيدروجين فوق المذنّب كانت أكبر بكثير من نسبتها الموجودة على الأرض، ما يقترح أنّ المذنّبات قامت بتزويد الأرض بجزءٍ صغيرٍ فقط من المياه الموجودة عليها. وكذلك مذنّب هالي؛ حيث درسوا تركيبه عند اقترابه من الأرض فكانت نسبة الديتريوم إلى الهيدروجين فوق المذنّب ضعفي قيمتها على الأرض. (م).

بسرعةٍ في الغلاف الجويّ في أثناء استمرارها بالغليان؛ يبدو أمراً سيّئاً! بصرف النظر عن الطرائق الواضحة التي ستموت فيها حيوانات الأرض ونباتاتها، فإنّ هناك سبباً خطيراً للموت؛ حيث ستزداد كثافة الغلاف الجويّ ثلاثمئة مرّة بسبب زيادة سماكته مع بخار الماء؛ سنُسحق جميعاً تحت هذا الضغط.

هناك الكثير من الخصائص التي تميّز كوكب الزهرة عن بقيّة كواكب النظام الشمسيّ، بما فيها غلافه الجويّ السميك، والكثيف، والثقيل من ثاني أكسيد الكربون، الذي يجعل من ضغطه يزداد مئة ضعف عن ضغط الغلاف الجويّ الأرضيّ؛ سنُسحق جميعاً هناك أيضاً، لكنّ تصويتي على أكثر ميزات الزهرة غرابةً سيكون لوجود حفر حديثة نسبيّاً وموزّعة على نحوٍ متجانسٍ على سطحه، وتشير هذه الميزة التي تبدو غير مؤذيةٍ إلى كارثةٍ شملت الكوكب بأكمله، وأعادت ضبط حفر السطح عن طريق مسح الأدلّة كلّها عن أيّة أحداث سابقة، ويشبه ذلك ظاهرة تعرية الطقس، مثل: حدوث فيضانٍ عالميٍّ، لكنْ يمكن للنشاط الجيولوجيّ الواسع (يجب أن نقول: زهري-لوجي؛ أي: «عِلم الزهرة» عوضاً عن جيو-لوجي؛ أي: «عِلم الأرض»)، مثل تدفّقات الحمم البركانيّة، أن يحوّل سطح الزهرة بالكامل إلى موقف السيّارات الذي يحلم به سائقو السيّارات في أمريكا؛ كوكب كامل مُستوٍ. بالنظر إلى سطح الزهرة الآن، نستنتج أنّه أيّاً كان ما سبّب ذلك فقد توقّف فجأةً! لكنّ التساؤلات مستمرّة: إن حدث بالفعل فيضانٌ في كوكب الزهرة بأكمله، فأين المياه كلّها الآن؟ هل غاصت تحت السطح؟ هل تبخّرت في الغلاف الجويّ؟ أم كان الفيضان لمادّةٍ أُخرى شائعةٍ غير الماء؟

لا يقتصر افتتاننا بالكواكب (وجهلنا أيضاً) على كوكب الزهرة؛ إذْ تُشير قيعان الأنهار المتعرّجة، والسهول الفيضيّة، وشبكات الروافد والأودية، التي تآكلت بسبب المياه؛ إلى أنّ المريخ كان يوماً ما ممتلئاً بالمياه، وهناك أدلّةٌ قويّةٌ بما يكفي لإعلان أنّه في النظام الشمسيّ، المكان الأوّل الذي يمكنه أن يفخر بمخزونه من المياه بخلاف الأرض، هو المرّيخ، ولأسبابٍ غير معروفةٍ، أصبح سطح المرّيخ اليوم جافاً.

في كلّ مرّةٍ أنظر فيها إلى الزهرة والمرّيخ، أخت الأرض وأخيها، أنظر إلى الأرض مجدّداً وأتساءل: كم يمكن أن يكون مخزوننا من الماء السائل هشّاً وسريع الزوال.

كما عرفنا سابقاً، دفعت عمليّات الرصد المصحوبة بالخيال التي قام بها بيرسيفال لويل لكوكب المرّيخ، إلى افتراضه بأنّ سكّان المرّيخ واسعو الحيلة بنوا شبكةً متقنةً من القنوات المائيّة لإعادة توزيع الماء من قطبي المرّيخ الجليديّين إلى خطوط العرض الوسطى المكتظّة

بالسكّان، ولتفسير ما اعتقد أنّه رآه، تخيّل لويل حضارةً تحتضر بسبب نفاد مخزونها من الماء، وفي مقالته العميقة لكنْ المضلِّلة: «المرّيخ كمسكنٍ للحياة» المنشورة عام 1909، يصف لويل بحزنٍ النهاية الوشيكة للحضارة المرّيخيّة التي اعتقد أنّه رآها:

> من المؤكّد استمرار جفاف الكوكب إلى أنْ يصبح سطحه غير داعمٍ للحياة على الإطلاق. ستنتهي الحياة ببطءٍ، ولكنْ على نحوٍ أكيدٍ مع مرور الوقت، ومع انطفاء آخر جذوةٍ للحياة، سيصبح الكوكب عالماً ميّتاً في الفضاء، وسينتهي مشروعه التطوّريّ إلى الأبد. (ص 216).

حدث أنْ كان لويل محقّاً في أمرٍ واحدٍ؛ إن كان هناك حضارة على الإطلاق (أو أيّ شكلٍ من أشكال الحياة) تتطلّب وجود ماءٍ على سطح المرّيخ، فإنّه في لحظةٍ غير معروفةٍ من تاريخ المرّيخ، ولأسبابٍ غير معروفةٍ أيضاً، جفّت المياه كلّها على سطحه، ما أدّى إلى المصير نفسه الذي تحدّث عنه لويل، وربّما كان الماء الذي فُقِد من المرّيخ موجوداً الآن تحت سطحه، محجوزاً في الجليد الدائم للكوكب. ما الدليل على ذلك؟ تُظهِر الحفر الكبيرة على سطح المرّيخ طيناً جافّاً على حوافّها أكثر من الحفر الصغيرة، ويدلّ هذا الطين على تدفّق ماءٍ إلى السطح نتيجة حدوث اصطدامٍ ضخمٍ؛ حيث ستذيب الطاقة الناتجة عن ذلك الاصطدام الجليدَ تحت السطحيّ عند ملامسته، ما يتسبّب بتدفّقه إلى الأعلى، وبافتراض أنّ الجليد الدائم عميقٌ جدّاً، سيتطلّب الوصول إليه حادث اصطدامٍ كبير، ولأنّنا رصدنا شيوعاً لهذه الحفر عند خطوط العرض الباردة القطبيّة؛ تماماً حيث يمكننا أن نتوقّع قُرب طبقة التربة الجليديّة إلى السطح، يكتمل الدليل لدينا، فحسب بعض التقديرات، في حال ذاب الماء كلّه الذي يفترض وجوده مختبئاً تحت سطح المرّيخ، والذي أُكّد وجوده في القطبين المتجمّدين، سيغطّي المرّيخ محيطاً بعمق عشرات الأمتار، ويجب أن يتضمّن البحث الشامل عن حياةٍ راهنةٍ (أو أحافير لحياةٍ سابقة) على سطح المرّيخ خطّةً لتقصّي أماكنَ كثيرة، خاصّةً تحت سطحه.

عندما نفكّر في المكان الذي يُحتمل فيه العثور على ماءٍ سائلٍ (وبذلك على حياة)، يميل علماء الفيزياء الفلكيّة عادةً إلى البحث في الكواكب التي تدور على مسافةٍ صحيحةٍ من نجمها المُضيف للحفاظ على الماء في صورةٍ سائلةٍ؛ أي: الكواكب التي ليست قريبةً جدّاً، ولا بعيدة جدّاً؛ هذا المفهوم المعتدل للمنطقة الصالحة للسكن -المُستوحى من مبدأ غولديلوكس كما أصبح معروفاً- كان بدايةً جيّدةً، لكنّه أهمل إمكانيّة وجود حياةٍ في الأماكن التي تملك مصادر طاقةٍ أُخرى مسؤولةً عن الحفاظ على سيولة الماء، التي كان بدونها متجمّداً. يمكن لتأثير الاحتباس الحراريّ المعتدل أن يتسبّب بذلك، وكذلك الأمر بالنسبة إلى مصدر طاقةٍ داخليٍّ، مثل:

الحرارة المتبقّية من مدّة تكوين الكوكب، أو التحلّل الإشعاعيّ للعناصر الثقيلة غير المستقرّة، اللّذَين يسهم كلٌّ منهما في حرارة الأرض المتبقّية، والنشاط الجيولوجيّ التالي لذلك.

هناك مصدرٌ آخر للطاقة؛ المدّ والجزْر الكوكبيّ: وهو مفهومٌ أوسع من مجرّد التراقص البسيط بين القمر والمحيطات على الأرض، كما رأينا، يتعرّض قمر المشتري آيو لضغطٍ مستمرٍّ من خلال تغيّر قوى المدّ والجزْر في ابتعاده واقترابه عن المشتري في أثناء دورانه في مداره القريب من الشكل الدائريّ، ويضمن بُعد آيو عن الشمس أن يكون عالماً متجمّداً إلى الأبد، لكنّ مستوى الضغط يجعله يربح لقب أكثر الأماكن نشاطاً جيولوجيّاً في النظام الشمسيّ بأكمله، ويساعده في ذلك براكينه النشطة، وتصدُّعاته السطحيّة، وصفائحه التكتونيّة، ويشبِّه بعضهم آيو الراهن بالأرض المبكّرة، عندما كان كوكبنا يضخّ الحرارة بشدّةٍ بعد تكوينه بمدّةٍ وجيزة.

يوجد قمرٌ آخر مثيرٌ للاهتمام على قدم المساواة مع آيو؛ القمر يوروبا، الذي يسخن أيضاً بقوى المدّ والجزْر. كما كان متوقعاً، جرى التأكيد (من الصور التي التقطها المسبار الفضائيّ غاليليو) على أنّ يوروبا هو عالَم مغطّى بصفائح جليديّة كثيفة مهاجرة، تطفو فوق محيطٍ تحت-سطحيٍّ من الماء السائل، ومحيطٍ من الماء السائل. تخيّل الذهاب لصيد السمك فوق الجليد هناك! في الواقع، بدأ المهندسون والعلماء -في مختبر الدفع النفّاث التابع لناسا- التفكيرَ بمهمّةٍ يهبط فيها مسبارٌ فضائيٌّ[1]، أو يكتشف (أو يقتطع، أو يُذيب) حفرة في الجليد، ويقوم بمدِّ كاميرا تغطس فيها للحصول على صورٍ لما يوجد هناك، ولأنّ المحيطات كانت المنشأ الأكثر احتمالاً للحياة على الأرض، يصبح وجود الحياة في محيطات يوروبا خيالاً ممكن التحقيق.

بالنسبة إليّ، أرى أنّ أكثر خصيصةٍ مميّزة للماء ليست أنّه «المُذيب العالميّ» كما تعلّمنا في صف الكيمياء الدراسيّ؛ وليست أيضاً النطاق الواسع لدرجات الحرارة التي يمكن أن يبقى فيها في الحالة السائلة، كما رأينا سابقاً، إنّما أكثر خصيصة تميّز الماء أنّه يتمدّد ويقلّ كثافةً عند انخفاض درجة حرارته تحت 4 درجات مئويّة، بينما أغلب الأشياء -بما فيها الماء- تتقلّص وتزداد كثافةً عندما تبرد، وعندما يتجمّد الماء عند درجة الصفر المئويّة، يصبح أقلّ كثافةً من أيّة درجة حرارةٍ كان فيها سائلاً، وهو أمرٌ سيّئٌ بالنسبة إلى أنابيب ضخّ المياه، لكنّه أمرٌ جيّدٌ جدّاً للأسماك. في الشتاء، عندما تنخفض درجة حرارة الهواء تحت الصفر، تغرق المياه الأدفأ

(1) مهمّة يوروبا كليبر هي المهمّة التي ستطلقها ناسا في أواخر 2024 لاستكشاف قمر المرّيخ يوروبا؛ حيث ستقوم شركة سبيس إكس التابعة إلى إيلون ماسك بإطلاق المهمّة للتعرّف إلى عالم المحيطات الذي يعتقد أنّه موجود على يوروبا، وستحمل وافقت ناسا عليها لدراسة القمر الشهير. (م).

إلى القاع، وتبقى هناك بينما تطفو طبقةٌ من الجليد التي تتكوّن ببطءٍ على السطح، عازلةً الماء الدافئ في الأسفل.

بدون هذا العكس في الكثافة عند الوصول إلى درجة 4 مئويّة، لكان انخفاض درجة حرارة الهواء تحت الصفر سيتسبّب ببرود سطح الماء، وتجمّده، وغرقه إلى الأسفل، بينما يرتفع الماء الأدفأ إلى الأعلى، ويتجمّد بدوره، وبذلك يتجمّد الحوض المائيّ بأكمله، وتموت الأسماك كلّها متجمّدةً طازجة، وسيجد صيادو السمك أنفسهم جالسين على قطعة جليدٍ انغمرت تحت الماء السائل كلّه، أو فوق كيانٍ مائيٍّ متجمّدٍ بالكامل، وما كنّا لنحتاج إلى كسّارات جليدٍ عند اجتياز السفن في المحيط المتجمّد الشماليّ؛ لأنّه إمّا أن يكون المحيط بكامله متجمّداً، وإمّا أنّ الجبال الجليديّة ستغرق إلى القاع، كما بإمكانك أن تمشي فوق الجليد بدون خوفٍ من أن ينكسر وتقع؛ في هذا العالم المعدّل، ستغرق المكعّبات الثلجيّة، والجبال الجليديّة، ولكانت سفينة التيتانيك عام 1912 وصلت بسلامٍ إلى ميناء نيويورك من دون أن تصطدم بأيّ جبلٍ جليديٍّ عائم.

لا يقتصر وجود الماء في المجرّة على الكواكب والأقمار؛ إذْ يمكن أن نجد جُزيئات الماء مع جُزيئاتٍ أُخرى متنوّعةٍ من الموادّ المعروفة منزليّاً، مثل: الأمونيا، والميثان، والكحول الإيثيلي، التي توجد في السُّحُب الغازيّة الباردة بين المجرّات، وفي ظروفٍ خاصّةٍ من الحرارة المنخفضة، والضغط المرتفع، يمكن لعيّنةٍ من جُزيئات الماء أن تحوّل الطاقة من نجمٍ قريبٍ، وتركّزها في حزمةٍ مُضخَّمةٍ عالية الكثافة من الأمواج الصُّغريّة؛ تماثل الفيزياء الذريّة بين هذه الظاهرة وبين ما يحدث لشعاع الضوء المرئيّ في اللّيزر، لكنْ في هذه الحالة، تكون الحروف التي ترمز إلى ذلك: M-A-S-E-R (Microwave Amplification by the Stimulated Emission of Radiation)؛ أي: تضخيم الموجة الصُّغريّة بالانبعاث المُحفِّز للإشعاع. الماء ليس موجوداً في كلّ مكانٍ من المجرّة، بل يمكنه أحياناً أن يطلق إشعاعاً عليك أيضاً.

بمعرفتنا أنّ الماء أساسيٌّ للحياة على الأرض، لا يمكننا إلّا أن نفترض وجوده أمراً أساسيّاً للحياة في المجرّة، مع ذلك، يمكن أن يجد الأشخاص الجَهَلة بالكيمياء الماءَ مادّةً مميتةً يجب تجنّبها. في تجربةٍ في معرضٍ علميٍّ في الهند عام 1997، أصبحت مشهورةً الآن؛ قام ناثان زوهنر -طالب مدرسة إيجل روك جونيور الثانويّة في ولاية أيداهو، وعمره أربعة عشر عاماً- بتجربةٍ اختبرت المشاعر المعادية للتكنولوجيا، وما يرتبط بها من رهاب الكيمياء؛ في التجربة دعا ناثان الناس للتوقيع على عريضةٍ تطالب بفرض رقابةٍ صارمةٍ على «أوّل أكسيد الهيدروجين»، أو حظره نهائيّاً، وذكر في العريضة بعض الخصائص المُخيفة لهذه المادّة عديمة اللّون والرائحة:

- مكوِّن أساسيّ في الأمطار الحمضيّة.

- إذابة معظم الموادّ التي تتلامس معها، أو توضع فيها.

- خطر الموت في حال الاستنشاق.

- التسبّب بحرق الجلد في حال ملامستها في الحالة الغازيّة.

- توجد في الأورام السرطانيّة.

وقّع على العريضة 43 شخصاً من أصل 50، و6 أشخاصٍ لم يحسموا قرارهم، وشخصٌ واحدٌ فقط عرف ما هو «أوّل أكسيد الهيدروجين» ورفض التوقيع على العريضة. أجل، قام 86% من الأشخاص بالتجربة بالتصويت لحظر الماء H_2O من الاستعمال البشريّ.

ربّما هذا ما حدث للماء على المرّيخ.

- 25 -

الفضاء الحيّ

إذا سألت أحدهم من أين هو، فسيقول عادةً اسم المدينة التي وُلد فيها، أو ربّما المكان الذي قضى فيه السنوات الأولى من حياته، لا بأس في ذلك، لكنْ ربّما يكون الجواب الأكثر غنى بالمعرفة الكيميائيّة الفلكيّة هو: «انهمرتُ من النفّاثة المنفجرة من عددٍ من النجوم ذات الكتل العالية التي ماتت قبل أكثر من 5 مليارات سنة».

الفضاء الخارجيّ هو المصنع الكيميائيّ غير المحدود، وبدأ الانفجار العظيم بذلك كلّه، مانحاً الكون الهيدروجين، والهيليوم، والقليل من الليثيوم: العناصر الثلاثة الأخفّ وزناً، وصاغت النجوم بقيّة العناصر التسعة والتسعين المعروفة لنا، بما في ذلك كلّ ذرّة كربون، وكالسيوم، وفوسفور، في كلّ كائنٍ حيّ على الأرض، سواء كان بشرياً أم غير ذلك. لو بقيت هذه المجموعة الغنيّة من الموادّ الخام حبيسة النجوم لكانت بلا فائدة، لكنّ النجوم عند موتها تعيد الكثير من كتلها إلى الكون، وتنثر للسُّحُب الغازيّة القريبة منها مجموعةً من الذرّات التي تغني الجيل التالي من النجوم.

في ظلّ الظروف المناسبة من الضغط والحرارة، يجتمع العديد من الذرّات لتشكيل جُزيئاتٍ بسيطةٍ، بعد ذلك، عبْر طرائقَ معقّدةٍ ومبتكرةٍ، ينمو العديد من الجُزيئات لتصبح أكبر وأكثر تعقيداً. أخيراً، فيما يفترض أن يكون بلا شكّ عدداً لا يُحصى من الأماكن في الكون، تجمع الجُزيئات نفسها في نوعٍ ما من الحياة. في زاويةٍ واحدةٍ من الكون على الأقلّ، أصبحت الجُزيئات معقّدةً للغاية إلى درجة تحقيقها الوعي، وبذلك حصلت على القدرة على صياغة الأفكار، وإيصالها عبْر العلامات الموجودة على هذه الصفحة.

أجل، ليس البشر فحسب، بل أيّة كائناتٍ أُخرى في الكون، وأيّة كائناتٍ ربّما تزدهر على

الكواكب والأقمار، ما كانت لتوجد بدون حطام النجوم المستهلَكة. إذنْ، أنت مصنوعٌ من فُتات. لا يجب أن يزعجك الأمر، على العكس، احتفل به؛ فبعد كلّ شيء، ما الفكرة الأكثر نُبلاً وفخراً من فكرة أنّ الكون يعيش فينا جميعاً؟

لتطبخ طبقاً من الحياة، لا تحتاج إلى مكوّناتٍ نادرة؛ أُنظر إلى المكوّنات الخمسة الأولى الأكثر وفرةً في الكون: الهيدروجين، والهيليوم، والأكسجين، والكربون، والنيتروجين. اسحب منها الهيليوم الخامل كيميائيّاً؛ لأنّه ليس شغوفاً بصنع الجُزيئات مع أيّ عنصرٍ آخر، وستحصل على العناصر الأربعة الأولى المكوِّنة للحياة على الأرض. تنتظر هذه العناصر داخل السُّحُب الغازيّة الكامنة بين نجوم المجرّة، وبمجرّد انخفاض درجة الحرارة إلى أقلّ من 2,000 كلفِن (1727 درجة مئويّة) تبدأ بصنع الجُزيئات.

تتشكّل الجُزيئات المكوِّنة من ذرّتين فقط في وقتٍ مبكر: جُزيء أوّل أكسيد الكربون (CO)، وجُزيء الهيدروجين (H_2) المكوّن من ذرّتَيْ هيدروجين، وبانخفاض درجة الحرارة أكثر، تتشكّل الجُزيئات ذات الذرّات الثلاث، أو الأربع، مثل: الماء (H_2O)، وثاني أكسيد الكربون (CO_2)، والنشادر (NH_3)، وهي مكوّناتٌ بسيطةٌ، لكنّها تشْغَل الرَّفّ الأكثر أهميّةً في مطبخ الحياة، وبانخفاض درجة الحرارة أكثر من ذلك، تتجمّع جُزيئاتٌ مكوّنةٌ من 5-6 ذرّات، ولأنّ الكربون عنصرٌ وفيرٌ ونشِطٌ كيميائيّاً أيضاً، نجده في معظم الجُزيئات؛ في الواقع، ثلاثة أرباع أنواع الجُزيئات في الفضاء البينجميّ تتضمّن ذرّة كربونٍ واحدةً على الأقلّ.

يبدو هذا مُبشِّراً، لكنْ يمكن للفضاء أنْ يكون مكاناً خطراً على الجُزيئات، إنْ لم تدمّرها الطاقة الناتجة عن الانفجارات النجميّة، فإنّ الأشعّة فوق البنفسجيّة من النجوم فائقة السطوع القريبة منها ستفعل ذلك، وكلّما كان الجُزيء أكبر، ضعُف استقراره ومقاومته ضدّ أيّ تدمير. تدوم الجُزيئات التي يحالفها الحظّ في الوجود في أماكن هادئةٍ ومحميّةٍ، وبعد مدّةٍ كافيةٍ تندمج في حُبيبات الغبار الكونيّ الذي يشكّل في النهاية المذنّبات، والكواكب، والبشر، ومع ذلك حتّى لو لم ينجُ أيٌّ من الجُزيئات الأصليّة من هذا العنف النجميّ، فهناك الكثير من الذرّات، والكثير من الوقت بما يكفي لصنع جُزيئاتٍ معقّدةٍ جديدةٍ، وليس في أثناء تكوين كوكبٍ محدّدٍ فحسب، بل أيضاً على سطح الكوكب وداخله، وتشمل قائمة أهمّ الجُزيئات المعقّدة: الأدينين (وهو أحد النوكليوتيدات، أو «القواعد» التي تشكّل الحمض النوويّ)، والغليسين (أساس البروتين)، والغليكو ألدهيد (الكربوهيدرات)؛ هذه المكوّنات وغيرها من المكوّنات المهمّة، ضروريّةٌ للحياة كما نعرفها، ولا يقتصر وجودها بالتأكيد على كوكب الأرض.

لكنّ الجُزيئات العضويّة ليست حياةً، تماماً كما أنّ الطحين، والماء، والخميرة، والملح، ليسوا خبزاً، على الرغم من أنّ القفزة من المكوّنات الخام إلى الفرد الحيّ ما تزال غامضةً، إلّا أنّ عدّة شروطٍ أساسيّة تبدو واضحة. يجب أن تشجّع البيئة الجُزيئات على تجربة الارتباط ببعضها، كما يجب أنْ تحميها من الأذى الشديد خلال هذه التجارب، وتوفّر السوائل بيئةً مناسبةً للغاية؛ لأنّها تؤمّن الاتّصال الوثيق، والتنقّل الواسع، وكلّما زادت الفرص الكيميائيّة التي توفّرها البيئة، كانت التجارب بين الجُزيئات أكثر إبداعاً، وهناك عاملٌ أساسيٌّ آخر تقدّمه قوانين الفيزياء، وهو توفير طاقةٍ كبيرةٍ لدفع التفاعلات الكيميائيّة.

نظراً إلى النطاق الواسع من درجات الحرارة، والضغط، ودرجات الحموضة، وتدفّق الإشعاع الذي تزدهر فيه الحياة على الأرض، ومعرفتنا أنّ المكان المريح لميكروبٍ ما يمكن أن يكون سيّئاً لميكروبٍ آخر، لا يمكن للعلماء في الوقت الراهن تحديد شروط أساسيّة أُخرى للحياة في مكانٍ آخر، وكدليلٍ على أنّ طريقة التفكير هذه محدودةٌ، نذكر الكتاب الصغير الساحر: «*Cosmotheoros*» للفلكيّ الهولنديّ كريستيان هويغنز في القرن السابع عشر؛ حيث يتكهّن الكاتب بأنّ أشكال الحياة على الكواكب الأُخرى يجب أن تزرع القِنّب، وإلّا كيف سينسجون الحبال لتوجيه سفنهم والإبحار بها!

بعد ثلاثة قرونٍ، وصلنا إلى كومةٍ من الجُزيئات، ونحن راضون بها جدّاً، حرّكها واخبزها، وفي غضون مئات الملايين من السنين سيكون لديك مستعمرات مزدهرة من الكائنات الحيّة.

الحياة على الأرض خصبةٌ على نحوٍ مدهش، هذا أمرٌ أكيد! لكنْ ماذا عن بقيّة الكون؟ إذا كان هناك جسمٌ سماويٌّ آخر في أيّ مكانٍ يحمل شبهاً لكوكبنا، فربّما حصلت فيه تجارب مماثلة بين مكوّناته الكيميائيّة، وستسير هذه التجارب وفق القوانين الفيزيائيّة التي تشمل أنحاء الكون جميعها.

يمتلك الكربون قدرةً كبيرةً على الارتباط، سواء مع ذرّات كربونٍ أُخرى أم مع ذرّات عناصر أُخرى، ما يمنحه حيويّةً كيميائيّةً لا مثيل لها بين عناصر الجدول الدوريّ، ويصنع الكربون أنواعاً من الجُزيئات أكثر من العناصر الأُخرى مجتمعةً، وبالاعتماد على الطريقة الشائعة للذرّات لصنع الجُزيئات، وهي المشاركة بواحدٍ، أو أكثر من إلكتروناتها الخارجيّة، مشكّلةً قبضةً مشتركةً مشابهةً لتلك المقرنة المُستعملة بين سيّارات الشحن، ويمكن لذرّة الكربون أنْ ترتبط بذرّةٍ واحدةٍ، أو اثنتين، أو ثلاث، أو أربع، في حين يمكن لذرّة الهيدروجين أن ترتبط بذرّةٍ واحدةٍ فقط، والأكسجين بذرّةٍ واحدةٍ، أو اثنتين، والنيتروجين بثلاث.

ومن خلال ارتباط ذرّات الكربون مع بعضها، يمكنها توليد صِيَغ لا تُعدّ، ولا تُحصى من جُزيئاتٍ طويلة السلسلة، متفرّعة، أو مغلقة، ومثل هذه الجُزيئات العضويّة المعقّدة مستعدّة للقيام بأمورٍ لا يمكن للجُزيئات الصغيرة أن تحلم بفعلها، مثلاً: يمكنها القيام بنوعٍ من المهام في أحد طرفيها، وبنوعٍ مختلفٍ في الطرف الآخر، ويمكنها أن تلتفّ وتشكّل حلقاتٍ وتتضافر مع جُزيئاتٍ أخرى، خالقةً عدداً لا نهائيّاً من الميزات والخصائص، وربّما كان الجُزيء الأهمّ القائم على الكربون هو الحمض النوويّ DNA: عبارة عن سلسلة مزدوجة الفتل تحمل رموز هويّة الحياة كما نعرفها.

ماذا عن الماء؟ بالنسبة إلى تعزيز الحياة، فللماء خصيصةٌ مفيدةٌ للغاية تتمثّل بالبقاء في الحالة السائلة خلال ما يعدّه علماء الأحياء نطاقاً واسعاً من درجات الحرارة. المشكلة أنّ معظم علماء الأحياء يعتمدون على ما يعرفونه على كوكب الأرض؛ حيث يبقى الماء سائلاً على امتداد 100 درجة مئويّة، لكنْ في بعض أجزاء المرّيخ، يكون الضغط الجويّ منخفضاً إلى درجة أنّ الماء لا يكون سائلاً أبداً: يمكن لكوبٍ من الماء أن يغلي ويتجمّد في الوقت نفسه! ومع هذا الوضع الراهن المؤسف للمرّيخ، فقد دعم غلافه الجويّ وجود الماء السائل في وقتٍ ما، ولو كان احتمال وجود حياةٍ على المرّيخ صحيحاً، فمن المؤكّد أنّها كانت في ذلك الوقت.

يملك كوكب الأرض كميّةً جيّدةً -وأحياناً مميتةً- من الماء على سطحه. من أين أتى هذا الماء؟ كما رأينا سابقاً، تبدو المذنّبات مصدراً منطقيّاً: إنّها قطعٌ ممتلئةٌ بالمياه المتجمّدة، والنظام الشمسيّ يحوي ملياراتٍ عديدةً منها، بعضها كبيرٌ جدّاً، ولا بدّ من أنّها كانت تصطدم باستمرارٍ بالأرض في مرحلة تكوّن النظام الشمسيّ، ويمكن للغازات التي تطلقها البراكين أن تكون مصدراً آخر للماء، التي كانت ظاهرةً متكرّرةً في الأرض المبكّرة، ولا تنفجر البراكين بسبب الحِمم الساخنة فحسب، بل لأنّ الحِمم الساخنة تحوّل الماء الموجود تحت الأرض إلى بخارٍ يتمدّد منفجراً، ولا يمكن للبخار أن يبقى تحت الأرض، لذا ينفجر البركان ويطلق حِممه، حاملةً معها H_2O إلى سطح الأرض من الأسفل، وباحتساب الاحتمالات كلّها لا يعود وجود الماء على سطح كوكبنا أمراً مفاجئاً.

على الرغم من أنّ الحياة على الأرض تأخذ أشكالاً متعدّدةً، فإنّ جميعها تتشارك في جزءٍ من الحمض النوويّ، ويمكن لعلماء الأحياء أن يفرحوا بتنوّع الحياة على الأرض، لكنّ علماء الأحياء الفلكيّين يحلمون بالتنوّع على مقياسٍ أكبر: الحياة التي تعتمد على حمضٍ نوويٍّ فضائيٍّ، أو على شيءٍ ما مختلفٍ تماماً. مع الأسف، كوكبنا هو النموذج الحيّ الوحيد لنا، لكنْ يمكن لعلماء أحياء

الفضاء أن يعرفوا قليلاً عن أشكال الحياة التي من الممكن أن تسكن أماكن أُخرى في الكون من دراسة الكائنات الحيّة التي تنتعش في بيئاتٍ متطرّفةٍ هنا على الأرض.

عندما تنظر إلى الكائنات الحيّة المحبّة للظروف المتطرّفة، ستجد أنّها موجودةٌ في كلّ مكان: مكبّات النفايات النوويّة، والينابيع المشبعة بالأحماض، والأنهار الحمضيّة المشبعة بالحديد، وفتحات انبعاث الموادّ الكيميائيّة في قاع المحيطات، والبراكين تحت الماء، والجليد الدائم، وخبث المعادن، والبحيرات الملحيّة، والعديد من الأماكن الأُخرى التي لن تفضّل قضاء أيّ وقتٍ فيها، لكنّها تبدو مشابهةً للكواكب والأقمار هناك في الفضاء الخارجيّ. نقتبس من داروين أنّ الحياة بدأت من «بركةٍ صغيرةٍ دافئةٍ» (1959، ص202)؛ حسب افتراض علماء الأحياء، ومع ذلك، تصبّ الدلائل في السنوات الأخيرة في مصلحة الرأي القائل: إنّ الكائنات المحبّة للظروف المتطرّفة هي الشكل البدائيّ للحياة على الأرض.

كما سنرى في الفصل القادم، كان النظام الشمسيّ المبكّر مشابهاً لصالة تدريبٍ على الرماية، وعانى سطح الأرض باستمرارٍ من تشكّل حُفرٍ بسبب الصخور الكبيرة والصغيرة التي اصطدمت به، وكلّ محاولةٍ لبدء حياةٍ كانت تُسحق وتُجهض على الفور، وبمرور 4 مليارات سنة، انخفضت وتيرة الاصطدامات وتباطأت كما بدأت درجة حرارة سطح الأرض بالانخفاض، ما سمح للتجارب الكيميائيّة المعقّدة أنْ تنجو وتزدهر. تنصّ الكتب المدرسيّة القديمة -التي عدّت البداية هي ولادة النظام الشمسيّ- على أنّ الحياة على الأرض احتاجت إلى 700- 800 مليون سنة لتتشكّل، لكنّ ذلك ليس صحيحاً؛ إذْ لا يمكن للتجارب الكيميائيّة في الكوكب أن تبدأ قبل أن يخفّ القصف الجويّ بالكويكبات والمذنّبات. اِطرح 600 مليون سنة من الاصطدامات العنيفة وسيتبقى فقط 200 مليون سنة لتنشأ خلالها كائناتٌ وحيدة الخليّة من الطين البدائي.

بينما يستمرّ العلماء بالحَيرة حول بداية الحياة، من الواضح أنّ الطبيعة خلقتها ببساطةٍ من دون أيّ عناء.

خلال بضع عشرات من السنين، انتقل علماء كيمياء الفضاء من عدم معرفة أيّ شيءٍ عن الجُزيئات في الفضاء إلى إيجاد عددٍ كبيرٍ منها في كلّ مكانٍ تقريباً، إضافةً إلى ذلك، أكّد علماء الفيزياء الفلكيّة في العقد الماضي، وجود كواكب تدور حول نجومٍ أُخرى، وأنّ كلّ نظامٍ شمسيٍّ خارجيٍّ يحمل المكوّنات الأربعة الأولى نفسها للحياة مثل كوكبنا، وعلى الرغم من عدم توقّع وجود حياةٍ على نجمٍ، حتّى لو كان نجماً «بارداً» بأقلّ من ألف درجةٍ من النجوم المعتادة، فإنّنا نجد على الأرض أنواعاً من الحياة في أماكن تسجّل درجة الحرارة فيها مئات الدرجات، وتوحي

هذه الاكتشافات مجتمعةً أنّه من المنطقيّ التفكير في الكون على أنّه مألوفٌ لنا وليس غريباً عنا تماماً.

كم هو مألوف؟ هل من المحتمل أن تكون أشكال الحياة جميعها مثل الأرض، تعتمد على الكربون، وتحتاج إلى المياه على أساس أنّه سائلها المفضّل؟

لنأخذ السيليكون مثلاً: أحد العناصر العشرة الأولى في الكون. يقع السيليكون أسفل الكربون مباشرةً في الجدول الدوريّ للعناصر، ما يعني أنّهما يملكان تكويناً متطابقاً من الإلكترونات في الغلاف الخارجيّ، ومثل الكربون، يمكن للسيليكون أن يرتبط بذرّةٍ واحدةٍ، أو ذرّتين، أو ثلاث، أو أربع، وفي ظلّ الظروف المناسبة، يمكن أن يصنع جُزيئات طويلة السلسلة. إذنْ، لمّا كان السيليكون يوفّر فرصاً كيميائيّةً مماثلةً لتلك التي يوفّرها الكربون، فلِمَ لا تعتمد الحياة على السيليكون؟

مشكلة السيليكون -بصرف النظر عن كونه أقلّ وفرةً من الكربون بعشر مرّات- هي الروابط القويّة التي يشكّلها، مثلاً: إذا ارتبط السيليكون بالأكسجين، فلن نحصل على بذور كيمياء عضويّة؛ سنحصل على صخور. على الأرض، كيمياء كهذه هي ذات عُمْرٍ افتراضيٍّ طويل؛ أمّا بالنسبة إلى الكيمياء الصديقة للكائنات الحيّة، فهي في حاجةٍ إلى روابط قويّة لدرجة أن تقاوم الاعتداءات المُسبِّبة للتفكّك في البيئة التي توجد فيها، لكنْ لا يجب أن تكون قويّةً جدّاً إلى درجةٍ تمنعها من الخضوع لمزيدٍ من التجارب الكيميائيّة.

وما مدى أهميّة الماء السائل؟ هل هو الوسط الوحيد الملائم للتجارب الكيميائيّة؛ أي: الوسيلة الوحيدة التي يمكنها نقل الموادّ الغذائيّة من أحد أجزاء الكائن الحيّ إلى جزءٍ آخر منه؟ ربّما الحياة في حاجةٍ إلى سائلٍ ما. حسناً، النشادر شائع، وكذلك الإيثانول، وكلاهما ينتجان من أكثر المكوّنات وفرةً في الكون، للنشادر المخلوط بالماء نقطة تجمّد أقلّ بكثير (قرابة -100 فهرنهايت، -73.33 درجة مئويّة) من درجة تجمّد الماء نفسه (32 فهرنهايت، 0 درجة مئويّة)، ما يوسّع مجال الظروف التي يمكن أن تجد فيها حياةً تعيش فيه كسائل، أو هناك احتمال آخر: في كوكبٍ باردٍ جدّاً يفتقد إلى مصدر حرارةٍ داخليٍّ، ويدور بعيداً عن نجمه المضيف، ربّما يكون الميثان السائل المناسب للحياة.

في عام 2005، هبط المسبار الفضائيّ هويغنز (على اسْم «كريستيان هويغنز» الذي ذكرناه قبل قليل) التابع لوكالة الفضاء الأوروبيّة على تيتان، أكبر أقمار زُحل، الذي يستضيف الكثير من عمليّات الكيمياء العضويّة، وغلافه الجويّ أسمك بعشرة أضعافٍ من الغلاف الجويّ الأرضي.

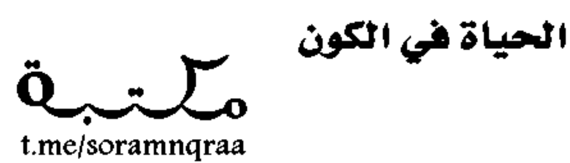
إذا وضعنا جانباً الكواكب المكوّنة بالكامل من الغاز، وليس لها سطح صلب (المشتري، وزُحل، وأورانوس، ونبتون)، تبقى لدينا أربعة أجسامٍ فقط في النظام الشمسيّ تتمتّع بغلافٍ جويٍّ ذي أهميّة: الزهرة، والأرض، والمرّيخ، وتيتان.

استشكاف تيتان لم يأت مصادفةً، فالمعلومات التي لدينا عنه مثيرةٌ للإعجاب، من احتوائه على جُزيئات الماء، والنشادر، والميثان، والإيثان، إضافةً إلى المركبات المعروفة باسْم الهيدروكربونات العطريّة متعدّدة الحلقات. الماء المتجمّد قاسٍ جدّاً كالإسمنت، لكنّ درجة الحرارة مع ضغط الهواء كانا سبب حالة الميثان السائلة هناك، وتظهِر الصور الأولى التي أرسلها المسبار أنهاراً وبحيراتٍ من الميثان، وبطريقةٍ ما تشابه كيمياء تيتان السطحيّة نظيرتها في الأرض الفتيّة، ولذلك ينظر الكثير من علماء الأحياء الفلكيّين إلى تيتان على أنّه مختبرٌ «حيٌّ» لدراسة الماضي البعيد للأرض. بالفعل، أظهرت التجارب التي أُجريت منذ عقدين أن إضافة الماء والقليل من الحمض إلى طينٍ عضويٍّ ناتجٍ عن تعريض الغازات -التي تشكّل الغلاف الجويّ الضبابيّ لتيتان- إلى الإشعاع، ينتج 16 نوعاً من الأحماض الأمينيّة.

مؤخّراً، توصّل علماء الأحياء إلى أنّ كوكب الأرض ربّما يحتضن كتلةً حيويّةً تحت سطحه أكبر من تلك المعروفة على سطحه، كما تُظهِر التحقيقات المستمرّة حول القساوة التي يمكن أن توجد فيها الحياة -مرّةً بعد أُخرى- أنّ حدود الحياة غير معروفةٍ لنا، والعلماء الذين اعتدنا تخيّلهم سابقاً، وهُم يبحثون عن رجالٍ خُضرٍ مُتخَيّلين في كواكب قريبة، أصبحوا يتأمّلون في حدود الحياة، ويبحثون الآن عن هجائن متطوّرة، معتمدين في بحثهم ليس على الفيزياء الفلكيّة، وعلم الأحياء، والكيمياء فحسب، بل على علم طبقات الأرض، وعلم الأحافير أيضاً، في أثناء سعيهم وراء الحياة هنا وهناك، وفي كلّ مكان.

- 26 -

الحياة في الكون



أثار اكتشاف مئات الكواكب التي تدور حول نجومٍ أُخرى غير الشمس اهتماماً عالميّاً هائلاً، ولم يكن الاهتمام مدفوعاً باكتشاف كواكب خارج المجموعة الشمسيّة، بل بإمكانيّة أنْ تحمل على سطحها حياةً ذكيّة. على أيّ حال، ربّما كانت الضجّة الإعلاميّة لا تتناسب مع الأحداث. لماذا؟ لأنّه لا يمكن أن تكون الكواكب أمراً نادراً في الكون، فالشمس، هذا النجم العاديّ، تمتلك وحْدها ثمانية كواكب على الأقلّ، كما أنّ الكواكب المُكتشَفة حديثاً كلّها عمالقةٌ غازيّةٌ مشابهةٌ لكوكب المشتري، ما يعني عدم وجود سطحٍ مناسبٍ للحياة كما نعرفها، حتّى إنْ كانت مزدحمةً بالكائنات الفضائيّة القادرة على أن تطفو، فاحتمالات أن تكون هذه الكائنات ذكيّةً قد تكون معدومة.

لا توجد خطوةٌ أكثر خطراً في العِلم (أو في أيّ مجال) من القيام بتعميمٍ شاملٍ انطلاقاً من مثالٍ واحدٍ فقط. في الوقت الراهن، الحياة على الأرض هي الحياة الوحيدة المعروفة لنا في الكون، لكنْ هناك أدلّةٌ قويّةٌ على أنّنا لسنا وحْدنا فيه، وفي الواقع، معظم علماء الفيزياء الفلكيّة يقبلون احتمال وجود حياةٍ في أماكن أُخرى. السبب سهل: إنْ كان نظامنا الشمسيّ ليس بنادرٍ، إذنْ، هناك الكثير من الكواكب التي يفوق عددها مجموع الأصوات والكلمات التي نطقها البشر جميعهم على الإطلاق، وبذلك سيكون افتراضنا بأنّ الأرض هي الكوكب الوحيد الذي توجد فيه حياة غروراً لا مسوّغ له.

ضلّلت الافتراضات البشريّة أجيالاً عديدةً من المفكّرين: الدينيّين، والعلميّين، بينما أضلّ الجهلُ الناس الآخرين، وفي غياب العقيدة والبيانات، من الأفضل الاسترشاد بمفهوم أنّنا «لسنا مميّزين»، الذي يُعرف عادةً بالمبدأ الكوبرني، نسبةً إلى نيكولاس كوبرنيكوس بالطبع، الذي

قام في منتصف القرن السادس عشر بوضع الشمس في مركز نظامنا الشمسيّ، وهو مكانها الصحيح (وليس مكاننا نحن)، على الرغم من فرضيّة الكون المتمركز حول الشمس التي اقترحها الفيلسوف اليونانيّ أريستارخوس في القرن الثالث قبل الميلاد، وكان الكون المتمركز حول الأرض هو المفهوم الأكثر شيوعاً خلال معظم الألفي سنة الماضية، مقتنعين بتعاليم أرسطو وبطليموس، وبعد ذلك بتعاليم الكنيسة الكاثوليكيّة الرومانيّة، قَبِل الناس الأرض بعَدِّها مركز الحركة كلّها والكون المعروف، وكانت هذه حقيقة واضحة بالنسبة إلى الجميع، وليس الكون على هذا الشكل فحسب، بل إنّ الإله خلقه كذلك بالتأكيد.

في حين لا يحمل المبدأ الكوبرني أيّة ضماناتٍ بأنّه سيرشدنا إلى الأبد إلى الحقائق الكونيّة، إلّا أنّه يعمل جيّداً حتّى الآن: فلا الأرض مركز النظام الشمسيّ، ولا النظام الشمسيّ مركز مجرّة درب التبّانة، ولا مجرّة درب التبّانة في مركز الكون، ويمكن أن نصل إلى مرحلةٍ نؤكّد فيها أنْ كوننا ليس في مركز الأكوان المتعدّدة. إنْ كنت من الأشخاص الذين يعتقدون أنّ «الحافّة» مكانٌ مميّزٌ (مثل المركز) فأقول لك: إنّنا لسنا على حافّة أيّ شيءٍ أيضاً.

الموقف الحكيم المعاصر هو افتراض أنّ الحياة على الأرض ليست محصّنةً ضدّ مبدأ كوبرنيكوس، هذا الموقف يسمح لنا أنْ نتساءل: كيف يمكن لمظاهر، أو كيمياء الحياة على الأرض، أن تقدّم لنا أدلّةً على أشكال الحياة في أماكن أُخرى في الكون؟

لا أعرف إن كان علماء الأحياء يُذهلون كلّ يومٍ من تنوّع الحياة على الأرض، لكنْ بالنسبة إليّ، فأنا مذهول! على هذا الكوكب الذي يُدعى الأرض، تتعايش (من بين أنواع لا حصر لها من أشكال الحياة) الطحالب، والخنافس، والإسفنج، وقناديل البحر، والأفاعي، والنسور، وأشجار سيكويا العملاقة. تخيّل هذه الأصناف السبعة بجانب بعضها في مكانٍ محدّد. إذا كانت معرفتك محدودةً، سيصعب عليك تصديق أنّها جميعاً تعيش في كونٍ واحدٍ، فما بالك في كوكبٍ واحد! حاول أنْ تصف أفعى لشخصٍ لم يرَ واحدةً من قبل: «في كوكب الأرض حيوانٌ يمكنه: 1. أن يترصّد فريسته بحسّاساتٍ للأشعّة تحت الحمراء. 2. أن يبتلع حيواناً بكامله بحجمٍ أكبر من رأسه بخمس مرّات. 3. ليس لديه أيّة أذرع، أو أرجُل، أو إضافات أُخرى. 4. ويمكنه الانزلاق على الأرض بسرعة 0.6 متراً في الثانية!».

بالنظر إلى هذا التنوّع على كوكب الأرض، يتوقّع المرء تنوّعاً أكبر بين الكائنات الفضائيّة التي تعرضها أفلام هوليوود، لكنّني أتعجّب دائماً من افتقار صناعة السينما إلى الإبداع. مع بعض الاستثناءات في أفلام مثل: (*The Blob*, 1958)، و(*2001:A Space Odyssey*, 1968م)،

و(*Contact,* 1997)، تبدو الكائنات الفضائيّة في أفلام هوليوود مماثلةً للبشر، بصرف النظر عن مدى قبحهم (أو جمالهم). فالكائنات الفضائيّة كلّها في الأفلام لديها عينان، وأنف، وفم، وأذنان، ورأس، ورقبة، وأكتاف، وأيدي، وأصابع، وجذع، وأرجُل، ويمكنها المشي. من وجهة نظرٍ تشريحيّةٍ، لا يمكن تمييز هذه المخلوقات عن البشر، ومع ذلك تفترض الأفلام أنّها جاءت من كواكب أُخرى. إنْ كان هناك أمرٌ مؤكّدٌ، فهو أنّ الحياة في أيّ مكانٍ آخر في الكون، يجب أن تبدو بغرابةِ بعض أشكال الحياة على الأرض على الأقلّ.

يُستمدّ التركيب الكيميائيّ للحياة على الأرض أساساً من مكوّناتٍ قليلةٍ مختارةٍ، يمثّل الهيدروجين، والأكسجين، والكربون العناصر التي تشكّل نسبة 95% من ذرّات جسم الإنسان، والحياة المعروفة لنا كلّها. من بين هذه العناصر الثلاثة، يترابط الكربون بسهولةٍ وبقوّةٍ مع نفسه، ومع العناصر الأُخرى بعدّة طرائق مختلفة، ولهذا السبب نُعدّ شكلاً من الحياة قائماً على الكربون، ولذلك أيضاً ندعو دراسة الجزيئات التي تحتوي على الكربون «الكيمياء العضويّة». من المثير للفضول أنّنا ندعو دراسة الحياة في أيّ مكانٍ آخر في الكون بـ«علم الأحياء الفضائيّ»، وهو أحد التخصّصات القليلة التي تتعامل مع غيابٍ كاملٍ للبيانات المباشرة.

هل الحياة أمرٌ مميّزٌ كيميائيّاً؟ يشير مبدأ كوبرنيكوس إلى أنّها ليست كذلك؛ ليس من الضروريّ أن تبدو الكائنات الفضائيّة مثلنا لتماثلنا بطرائق أكثر جوهريّةً، بعَدّ المكوّنات الثلاثة للحياة على الأرض (الهيدروجين، والكربون، والأكسجين) هي العناصر الأكثر وفرةً في الكون، مع الهيليوم الخامل كيميائيّاً؛ لذلك من المؤكّد أنّ أيّة حياة موجودة على أيّ كوكبٍ آخر ستكون مصنوعةً من مزيجٍ مماثلٍ من العناصر؛ أمّا لو كانت الحياة الأرضيّة تتكوّن مثلاً من الموليبدنيوم، والبزموت، والبلوتونيوم، عندها سيكون لدينا سبب ممتاز لنعتقد أنّنا شيءٌ مميّزٌ في الكون.

نعود مرّةً أُخرى إلى مبدأ كوبرنيكوس، يمكننا افتراض أنّ حجم كائنٍ حيٍّ من كوكبٍ آخر غالباً لن يكون كبيراً على نحوٍ يبعث على السخرية مقارنةً بالحياة التي نعرفها، وهناك أسباب بُنيويّة مقنعة بعدم وجود شكل حياةٍ بحجم مبنى إمباير ستيت الهائل يتجوّل على كوكبٍ ما، لكنْ بتغاضينا عن هذه الحدود الهندسيّة في المادّة البيولوجيّة يمكن أن نقارب حدّاً أكثر أهميّة. إذا افترضنا أنّ الكائن الحيّ يعمل على نحوٍ متماسكٍ كنظامٍ واحدٍ، فسيكون حجمه مقيّداً بقدرته على إرسال الإشارات داخل نفسه بسرعة الضوء، وهي الحدّ الأعلى للسرعة في الكون، على سبيل المثال لا الحصر: إذا وُجد حجم كائنٍ حيٍّ ما بحجم النظام الشمسيّ بأكمله (بامتداد قرابة 10 ساعات ضوئيّة)، وأراد أن يحكّ رأسه، فإنّ هذا الفعل البسيط سيستغرق ما لا يقلّ عن 10 ساعاتٍ

لإنجازه، وسلوكٌ كسولٌ كهذا سيكون سبباً للحدّ الذاتيّ التطوريّ؛ لأنّ الوقت منذ بداية الكون قد لا يكون كافياً لتطوّر المخلوق من أشكالٍ أصغر للحياة على مدار عدّة أجيالٍ.

ماذا عن الذكاء؟ تبدو الكائنات الفضائيّة التي تزور الأرض في أفلام هوليوود ذكيّةً للغاية، لكنّني أعتقد أنّ بعضهم أغبياء على نحوٍ محرج. استمعتُ مرّةً إلى الراديو، في أثناء رحلةٍ طويلةٍ في السيّارة من بوسطن إلى نيويورك، إلى مسرحيّةٍ إذاعيّةٍ حول كائناتٍ شرّيرةٍ ترعب سكّان الأرض، وكانت هذه الكائنات في المسرحيّة في حاجةٍ إلى ذرّات الهيدروجين للبقاء على قيد الحياة؛ لذا هبطوا على الأرض ليمتصّوا مياه محيطات الأرض كلّها، ليستخرجوا ذرّات الهيدروجين الموجودة في جُزيئات H_2O.

حسناً، هؤلاء كائنات فضائيّة غبيّة لا تمتّ للذكاء بصِلة.

لا بدّ من أنّهم لم ينظروا إلى الكواكب الأُخرى في طريقهم إلى الأرض؛ لأنّ كوكب المشتري وحْده يحوي، وبأكثر من مئتي مرّةٍ من كتلة الأرض، على الهيدروجين النقيّ، وأعتقد أنّ أحداً لم يخبرهم أنّ أكثر من 90% من ذرّات الكون هي هيدروجين.

وماذا عن تلك الكائنات الفضائيّة في الأفلام الأُخرى، التي تنجح في عبور آلاف السنين الضوئيّة في الفضاء بين النجوم، ومع ذلك، تتحطّم مركباتها عند الوصول إلى الأرض؟

أيضاً، في فيلم (*Close Encounters of the Third Kind*, 1977)، يرسل الفضائيّون قبل وصولهم سلسلةً غامضةً من الأرقام المتكرّرة، التي بعد أن يحلّلها خبراء التشفير يتّضح أنّها تمثّل تقاطع خطّ الطول مع خطّ العرض في الموقع الذي سيهبطون فيه، لكنْ لنحلّل ذلك منطقيّاً: لخطوط الطول الأرضيّة نقطة انطلاق اعتباطيّة جدّاً، وهي خطّ الطول الرئيس، الذي يمرّ عبر غرينتش في إنجلترا بموجب اتّفاقٍ دوليّ، كما أنّنا نقيس كلّاً من خطوط الطول والعرض بوحداتٍ غير طبيعيّة نسمّيها درجات، نحدّدها حسب درجات الدائرة (360 درجة). إذنْ، بما أنّ هؤلاء الفضائيّين يعرفون الكثير عن الحضارة الإنسانيّة، فبإمكانهم أن يتعلّموا اللّغة الإنجليزيّة ببساطة، ويرسلوا رسالةً باللّغة الإنجليزيّة «سنهبط في الموقع بجانب صرح ديفل تاور الوطني في وايومينغ. مركبتنا متطوّرة، ولا نحتاج إلى إشارات التوجيه من أضواء المدرج التي تستعملونها لمساعدتنا في الهبوط».

أمّا جائزة أفضل كائنٍ فضائيٍّ مضحكٍ، فتذهب إلى الفضائيّ في فيلم ستار تريك (*Star Trek, The Motion Picture*, 1979) الفضائيّ V-ger هو مسبار ميكانيكيّ قديم كان في مهمّةٍ فضائيّةٍ استكشافيّةٍ أرسلته حضارةٌ ما، ثمّ التقطته حضارةٌ أُخرى وطوّرته ليتمكّن من إنجاز المهمّة، ويستكشف الكون بأسْره. بعد رحلته الكونيّة الشاملة، يكتسب المسبار المعرفة الكاملة،

وعندها يصبح كائناً واعياً، وتعثر المركبة الفضائيّة بقيادة الكابتن كيرك على هذا الكائن الفضائيّ الذي يحمل المعلومات الكونيّة كلّها في الوقت الذي كان الكائن يبحث فيه عن خالقه الأصليّ، وعن معنى الحياة، ولأنّ الحروف المرسومة على جانبه تُظهِر V و ger، يُسمّى V-ger، وسرعان ما يكتشف الكابتن كيرك أنّ المسبار هو Voyager 6، وهو المسبار الذي أطلقه البشر من كوكب الأرض في أواخر القرن العشرين، وتدور أحداث ستار تريك في القرن الثالث والعشرين؛ حيث انمحت الأحرف oya ولم تعد واضحة. حسناً، ذلك كلّه مثيرٌ للاهتمام، لكنّني أتساءل دائماً: كيف استطاع V-ger أن يكتسب معرفةً كونيّةً شاملةً، ويتحقّق لديه بذلك مستوى الوعي، بدون أن يعرف أنّ اسمه الحقيقيّ Voyager؟

ولا تدعني أبدأ الحديث عن الفيلم الشهير (*Independence Day*, 1996).

لا أجد إهانةً محدّدةً في تصوّر الكائنات الفضائيّة على أنّهم أشرارٌ سيّئون. ببساطة، لن تكون صناعة أفلامِ الخيال العلميّ ناجحةً تجاريّاً بدون كائناتٍ شرّيرة، وبالنسبة إلى هذا الفيلم، كان الفضائيّون أشراراً بالفعل، وظهروا ككائناتٍ مخيفةٍ تجمع بين قنديل البحر البرتغاليّ، والقرش أبي مطرقة، والإنسان، لكنْ مع أشكالهم الأكثر إبداعاً من أشكال معظم الفضائيّين في الأفلام الأُخرى، تبدو مركباتهم الفضائيّة عبارة عن كراسٍ نفّاثة ذات ظهرٍ عالٍ، ومسندٍ للذراع.

إنّني سعيدٌ بأنّ البشر انتصروا في النهاية؛ انتصرنا على الفضائيّين في هذا الفيلم عندما تمكّنّا من تحميل فيروس، باستخدام حاسوب ماكنتوش محمول، في برنامج السفينة الأم للفضائيّين الأشرار (السفينة التي تبلغ خُمُس كتلة القمر) وعطّلنا بذلك المجال الوقائيّ لها ودمّرناها. لا أدري كيف هو الأمر لكم، لكنْ بالنسبة إليّ، أجد صعوبةً في تحميل الملفّات بين حاسوبٍ وآخر إن كانت أنظمة التشغيل مختلفة. إذنْ، لا بدّ من أنّ نظام تشغيل السفينة الأمّ للفضائيّين كان يحمل الإصدار نفسه من شركة آبل لبرمجيّات الحاسوب كذاك الموجود على الحاسوب البشريّ الذي أرسل الفيروس إليها!

شكراً لاستماعك إليّ؛ كانت تلك المغالطات العلميّة كلّها تثقل صدري.

دعنا نفترض جدلاً، أنّ البشر هُم النوع الوحيد على كوكب الأرض الذي تمكّن من تطوير مستوى عالٍ من الذكاء (لا أعني التقليل من احترام الثديّات الأُخرى ذات الأدمغة الكبيرة، لكنْ لا يمكن لأيٍّ منها الانشغال بالفيزياء الفلكيّة، أو كتابة الشعر، ومع ذلك يمكنك تضمينها في هذا الجدال لأنّ استنتاجاتي لن تتغيّر)، إن كان يمكن للحياة على الأرض أن تقدّم أيّ مقياسٍ للحياة في الكون، فلا بدّ من أنّ الذكاء نادر. حسب بعض التقديرات، يوجد أكثر من 10 مليارات نوع

في تاريخ الحياة على الأرض، ويترتّب على ذلك أنّه من بين أشكال الحياة جميعها التي يمكن أن توجد خارج الأرض، لا نتوقّع أن يوجد أكثر من كائنٍ ذكيٍّ واحدٍ (بذكائنا) من كل 10 مليارات كائن، من دون أن نتطرّق إلى احتمالات وجود حياةٍ ذكيّةٍ لديها تكنولوجيا متقدّمة، ورغبة في التواصل عبر المسافات الواسعة في الفضاء بين النجوم.

في حالة وجود حضارةٍ ذكيّةٍ، فإنّ أفضل وسيلةٍ للتواصل مع الحضارات الأُخرى ستكون عبر أمواج الراديو؛ لأنّها تجتاز المجرّة بدون أن يعيقها الغاز بين النجوم والسُّحُب الغباريّة، لكنّ البشر لم يتمكّنوا من فهم الطيف الكهرومغناطيسيّ إلّا منذ أقلّ من قرن. إنّه من المحبط تصوُّر أنّنا لم نكن قادرين على استقبال أيّة محاولةٍ من حضارةٍ فضائيّةٍ للتواصل معنا خلال معظم تاريخ حضارتنا على الأرض، وإذا فعلت حضارةٌ ما ذلك بالفعل، فلا بدّ من أنّهم خلصوا إلى عدم وجود «حضارة ذكيّة» على كوكب الأرض، ثمّ تابعوا بحثهم في أماكن أُخرى من الكون. هناك احتمالٌ أكثر إحباطاً؛ أن تعرف حضارةٌ ذكيّةٌ فضائيّةٌ بوجودنا كحضارةٍ خبيرةٍ تكنولوجيّاً، ويظلّ استنتاجها أنْ لا «حضارة ذكيّة» على كوكب الأرض.

إن تحيُّزنا للحياة الأرضيّة، سواء كانت ذكيّة أم لا، يتطلّب منّا التمسّك بالماء السائل كشرطٍ أساسيٍّ للحياة في أيّ مكانٍ آخر، وكما سبق أنْ ذكرنا، يجب أن يكون مدار الكوكب في المنطقة الصحيحة بالنسبة إلى نجمه المضيف؛ حيث إنّ زيادة البعد تؤدّي إلى تجمّد الماء، وزيادة القرب تؤدّي إلى تبخّره؛ أي: إنّ الظروف على الكوكب يجب أن تسمح لدرجة الحرارة بالبقاء ضمن نطاق 180 درجة فهرنهايت، (100 درجة مئويّة) الذي يبقي الماء سائلاً، كما في حكاية غولديلوكس والدببة الثلاثة، عندما اختارت غولديلوكس طبق الحساء ذا الحرارة المناسبة. في مقابلةٍ لي مؤخّراً حول هذا الموضوع في برنامجٍ حواريٍّ إذاعيٍّ، ولأنّني أذكر دائماً هذه القصّة، علّق المذيع قائلاً: «يبدو أنّ عليك البحث عن كوكبٍ مصنوعٍ من الحساء!».

في حين أنّ البُعد عن النجم المُضيف هو عاملٌ مهمٌّ لوجود الحياة كما نعرفها، إلّا أنّ هناك عوامل أُخرى مهمّة للغاية، مثل: قدرة الكوكب على حجز الإشعاع النجميّ. كوكب الزهرة هو مثالٌ نموذجيٌّ على ظاهرة الدفيئة (الاحتباس الحراريّ)، ويمتصّ سطح الزهرة أشعّة الشمس المرئيّة التي تعبُر الغلاف الجويّ السميك من ثاني أكسيد الكربون، ثمّ يعيد إصدارها كأشعّةٍ تحت حمراء، والأشعّة تحت الحمراء بدورها، تُحتجز من قِبل الغلاف الجويّ، والنتيجة غير السارّة هي أنّ درجة حرارة الهواء تصل إلى قرابة 900 فهرنهايت، وذلك أسخن ممّا يمكن أن نتوقّع أن يكون عليه كوكب بالقرب نفسه من الشمس؛ يسيل الرصاص بسهولة في درجة حرارة كهذه.

إنّ اكتشاف حياةٍ بسيطةٍ غير ذكيّةٍ في أيّ مكانٍ آخر في الكون (أو دليل على وجودها

سابقاً) هو أمرٌ أكثر احتمالاً، وبالنسبة إليّ لا يقلّ إثارةً للاهتمام من اكتشاف حياةٍ ذكيّة. هناك مكانان قريبان جيّدان للبحث فيهما: الأوّل قيعان أنهار المرّيخ الجافّة؛ حيث يحتمل وجود أحافير لحياةٍ كانت عندما كان الماء يتدفّق على سطح المرّيخ، والمكان الثاني هو المحيطات تحت-السطحيّة التي يفترض وجودها تحت الطبقات الجليديّة ليوروبا قمر كوكب المشتري. مرّةً أخرى، يحدّد وجود الماء السائل أهداف البحث لدينا.

من الشروط الأُخرى التي يُطلب تحقّقها لتطوّر الحياة في الكون هي أن يكون الكوكب مستقرّاً يدور في مدارٍ ثابتٍ حول نجمٍ واحدٍ، وبوجود نظامٍ نجميٍّ ثنائيٍّ، أو متعدّدٍ، كما هو حال نصف نجوم المجرّة تقريباً، يصبح مدار الكوكب متطاولاً وفوضويّاً، ما يتسبّب بتأرجحٍ خطِرٍ في درجات الحرارة يدمّر أيّ تطوّرٍ لأشكال الحياة، وأيضاً يجب أن يكون للنجم عُمْرٌ طويلٌ بما يكفي لدورة تطوّر الحياة، فالنجوم عالية الكتلة ذات عُمْرٍ قصيرٍ (بضعة ملايين من السنين) ما لا يمنح كوكباً مثل الأرض يدور في مداره فرصةً لتطوير حياة.

كما رأينا، تحدّ معادلة دريك كثيراً من مجموعة الشروط اللّازمة لدعم الحياة، وتبدو هذه المعادلة المسمّاة على اسم الفيزيائيّ الأمريكيّ فرانك دريك فكرةً غنيّةً أكثر منها معادلةً صارمةً لوصف العمل الفيزيائيّ للكون، فهي تفصّل الاحتماليّة الإجماليّة لوجود حياةٍ في الكون إلى احتمالاتٍ أبسط يمكن أن ندرسها بمفاهيمنا المسبقة عن الشروط الكونيّة المناسبة للحياة. في النهاية، بعد أن تتجادل مع زملائك حول كلّ احتمالٍ في المعادلة، ستبقى مع عددٍ تقديريٍّ للحضارات الذكيّة التكنولوجيّة المتقدّمة في مجرّة درب التبّانة، واعتماداً على معرفتك في علم الأحياء، والكيمياء، وميكانيكا الأجرام السماويّة، والفيزياء الفلكيّة، قد تنتهي بتقدير وجود حضارةٍ واحدةٍ على الأقلّ في الكون (نحن البشر) وصولاً إلى عدّة ملايين من الحضارات في درب التبّانة.

على أساس أنّنا قد نُصنَّف كحضارةٍ بدائيّةٍ من بين حضارات الكون الذكيّة مهما ندرت؛ فإنّ أفضل ما يمكننا فعله هو انتظار أن نتلقّى إشارةً من حضارةٍ أُخرى؛ لأنّ إرسال إشارةٍ مكلفٌ أكثر بكثيرٍ من استقبالها. إذا افترضنا ولا بدّ أنّ حضارةً ذكيّةً متقدّمةً ستتمكّن من الحصول على مصدر طاقةٍ وفيرٍ، كنجمها المضيف مثلاً. حضارةٌ كهذه ستكون من النوع الذي يرسل إشارةً، وليس من النوع الذي يستقبلها. يأخذ البحث اليوم عن حضاراتٍ كهذه (مشروع سيتي SETI وهو اختصار لكلمة Search for Extraterrestrial Intelligence أي: البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض) أشكالاً عديدة، من أبرزها: استعمال حسّاسٍ إلكترونيٍّ يرصد مليارات المحطّات الراديويّة للبحث عن أيّة إشارةٍ قادمة من الكون.

إنّ اكتشاف حضارةٍ ذكيّةٍ في أنظمة النجوم الخارجيّة، سيؤدّي إلى تغيّرٍ في نظرة الإنسان لنفسه على نحوٍ لا يمكن التنبّؤ به، ويبقى أملي الوحيد، لكي لا نتعرّض لصدمةٍ كهذه، ألّا تفعل أيّة حضارةٍ ذكيّةٍ أُخرى ما نفعله نحن، وتكتفي بالاستماع من دون أن ترسل شيئاً، وهكذا نبقى جميعاً صامتين ومجهولين لبعضنا، ونكوِّن استنتاجاً جماعيّاً بأنّ كلّ حضارةٍ منّا هي «الحضارة الذكيّة» الوحيدة في الكون.

- 27 -

فقاعتنا الراديويّة

في المشهد الافتتاحيّ لفيلم (*Contact*, 1997)، تقوم كاميرا افتراضيّةٌ بإبعاد الصورة لمدّة ثلاث دقائق من الأرض وصولاً إلى الحدود البعيدة للكون، ولتقوم بهذه الرحلة يجب أن تكون مجهّزاً بأجهزة استقبالٍ لتفكّ شيفرة البثّ التلفزيونيّ والإذاعيّ الأرضيّ الذي تمكّن من الهرب إلى الفضاء، ويظهر كوكب الأرض مع صوتٍ مزعجٍ من مزيج موسيقا الروك الصاخبة، والبثّ الإخباريّ، والتشويش الراديويّ، كما لو كنت تستمع إلى عشرات المحطّات الإذاعيّة في الوقت نفسه، وتبتعد الصورة عن الأرض شيئاً فشيئاً لتستوعب محيطها الكونيّ، ومع ابتعاد الصورة، وبعد أن تلحق بالإشارات الراديويّة القديمة التي سافرت لمسافاتٍ أبعد، وبذلك ابتعادك نحو الماضي علميّاً؛ تصبح الأصوات أقلّ نشازاً وأقدم، حيث تشير إلى أحداثٍ تاريخيّةٍ ضمن المدّة الزمنيّة التي يشملها زمن البثّ في الحضارة الحديثة، حيث ستسمع وسط الضجيج مقتطفاتٍ بتسلسلٍ عكسيٍّ منها: خبر كارثة المكّوك الفضائيّ تشالنجر عام 1986، خبر الهبوط على سطح القمر 20 تموز عام 1969، خطاب مارتن لوثر كينغ الشهير «لديّ حُلم» 28 آب عام 1963، خطاب الرئيس كينيدي 20 كانون الثاني عام 1961، خطاب الرئيس روزفلت 8 كانون الأوّل عام 1941 الذي طلب فيه إعلان الحرب، خطاب أدولف هتلر عام 1936 في أثناء تولّيه السُّلطة في ألمانيا النازيّة. في النهاية، مع وصول الصورة المبتعدة إلى حوافّ الكون، تختفي المساهمة البشريّة في الإشارات الراديويّة التي صدرت من كوكب الأرض إلى الفضاء، تاركةً ضجيجاً من الضوضاء الراديويّة المنبعثة من الكون نفسه.

مشهدٌ مؤثّرٌ حقّاً! لكنّ هذه المجموعة من الآثار الصوتيّة لن تظهر لنا تماماً مثلما عُرض الفيلم، وهو يحمل الكثير من المغالطات العلميّة، فإذا تمكّنت في حالٍ من الأحوال من انتهاك

قوانين الفيزياء والسفر في الفضاء، كما حصل في المشهد، على نحوٍ تسبق فيه أمواج الراديو، لن تتمكّن من سماع الكلمات بوضوحٍ؛ لأنّها ستكون معكوسةً، كالكلمات التي تسمعها عندما تضغط زرّ المسجِّل الذي يعيد التسجيل إلى الوراء، إضافةً إلى ذلك، نسمع في المشهد خطاب لوثر كينغ عند مرورنا بالقرب من المشتري، ما يعني علمياً أنّ المسافة بين الأرض والمشتري مساويةٌ للزمن الذي قطعه البثّ الراديويّ، لكنْ في الواقع، وصلت الأمواج الراديويّة للخطاب الشهير إلى المشتري بعد 39 دقيقة من إلقائه.

بصرف النظر عن هذه الحقائق العلميّة التي تجعله مغلوطاً، وتجعل هذا التقريب في الزمن مستحيلاً، كان المشهد شاعرياً وقوياً بالفعل؛ لأنّه يمثّل -بصورةٍ لا تُمحى- المدى الذي قدّمنا فيه ذواتنا المتحضّرة إلى بقيّة مجرّة درب التبّانة؛ هذه الفقاعة الراديويّة -كما أصبحت تُعرف- مركزها الأرض، وتستمرّ في التوسّع بسرعة الضوء في الاتّجاهات كلّها، بينما يشعّ مركزها باستمرارٍ بوساطة البثّ الحديث. تمتدّ فقاعتنا هذه الآن إلى ما يقرب 100 سنةٍ ضوئيّةٍ في الفضاء، وتتوافق حافّتها البارزة مع أوّل إشاراتٍ راديويّةٍ مصطنعةٍ ولّدها أبناء الأرض. تحتوي الفقاعة الآن على قرابة ألف نجم، بما في ذلك نجم ألفا القنطور، أو ألفا قنطورس (يبعد 4.3 سنة ضوئيّة) وهو أقرب نجمٍ إلى الشمس؛ ونجم الشعرى (يبعد 10 سنواتٍ ضوئيّة) وهو ألمع نجمٍ في سماء اللّيل؛ وكلّ نجمٍ اكتُشِفَت حوله كواكب حتّى الآن.

لا تهرب إشارات الراديو كلّها خارج غلافنا الجويّ؛ تعمل خصائص البلازما في طبقة الأيونوسفير، التي يزيد ارتفاعها عن 50 ميلاً، على عكس الأمواج الراديويّة جميعها التي تقلُّ تردّداتها عن 20 ميغاهرتز، وتسمح ببعض أشكال الاتّصالات الراديويّة، مثل: تردّدات «الموجة القصيرة» لأجهزة الراديو HAM (جهاز اللاسلكي للهواة)، بالوصول إلى آلاف الأميال وراء الأفق، كما تنعكس الأمواج كلّها ذات التردّد AM إلى الأرض، ما يوفّر النطاق الواسع للمحطّات الإذاعيّة.

إذا قمت بالإذاعة على تردّدٍ لا يتوافق مع هذه الأمواج المنعكسة؛ بسبب طبقة الأيونوسفير في الغلاف الجويّ الأرضيّ، أو لو لم تمتلك الأرض هذه الطبقة، فإنّ إشارات الراديو ستصل فقط إلى المستقبلين الذين يقعون على خطّ الرؤية بالنسبة إلى المُرسِل. توفّر المباني شاهقة الارتفاع ميزةً كبيرةً لأجهزة الإرسال اللا سلكيّة (الراديويّة) المثبتة على سطحها، في حين يصل أفق شخصٍ يبلغ طوله 1.75 متراً إلى بُعد 3 أميال فقط (4,800 متراً)، وهو الأفق الذي يستطيع أن يراه كينغ كونغ (من الفيلم الشهير)، فإنّ الأفق الذي يصل إليه من يقف أعلى مبنى إمباير ستايت في مدينة نيويورك يقع على بُعد أكثر من 50 ميلاً (80,000 متر)، وبعد تصوير الفيلم

الكلاسيكيّ السابق الذي تعود أحداثه عام 1933، جرى بالفعل تثبيت هوائيّ بثّ على قمّة هذا المبنى، ويمكن -من حيث المبدأ- تثبيت هوائيّ بثٍّ بطولٍ مكافئٍ على بُعد 50 ميلاً، ما يسمح للإشارة بتجاوز المدى المشترك لهما ذي الخمسين ميلاً، وبذلك يمتدّ مجال وصول الإشارة إلى 100 ميل.

لا يعكس الأيونوسفير أمواج الراديو FM، ولا حتّى أمواج البثّ التلفزيونيّ، وهي -بحدّ ذاتها- مجموعةٌ فرعيّةٌ من الطيف الراديويّ، ولا يسافر أيٌّ منهما على الأرض أبعد من المسافة التي يمكن أن يراها المُرسِل، وهذا ما يسمح بوصول البثّ التلفزيونيّ بين المدن القريبة من بعضها نسبيّاً، ويسمح أن تذيع برامجها الخاصّة، وهذا هو سبب أنّ البثّ التلفزيونيّ المحليّ وأمواج الراديو FM لا تمتلك النفوذ الواسع لأمواج الراديو AM، ربّما لذلك تُذاع عليها الحوارات السياسيّة الحادّة، لكنّ التأثير الحقيقيّ لأمواج FM والبثّ التلفزيونيّ ليس أرضيّاً، فعلى الرغم من أنّ معظم قوّة الإشارة تُبثّ أفقيّاً، إلّا أنّ قسْماً منها يتّجه رأسيّاً على نحوٍ مستقيم، متجاوزاً الأيونوسفير، ومسافراً عبْر الفضاء. بالنسبة إلى هذه الإشارات، فالسماء ليست حدودها، وبخلاف بعض النطاقات الأُخرى من الطيف الكهرومغناطيسيّ، تتمتّع الأمواج الراديويّة بميزة الاختراق القويّ للسُّحُب الغازيّة والغباريّة في الفضاء البينجميّ. إذنْ، النجوم ليست حدودها أيضاً.

إذا قمت بجمع العوامل التي تُسْهم في قوّة التوقيع الراديويّ للأرض، مثل: العدد الإجماليّ لمحطّات البثّ، وتوزّعها على سطح الأرض، والطاقة الناتجة عن كلّ محطّةٍ، وعرض الحزمة التي تغطّيها الطاقة التي تُبثّ، ستجد أنّ الإشارة التلفزيونيّة تمثّل أكبر تدفّقٍ مستمرٍ للإشارات الراديويّة القابلة للاكتشاف على الأرض، وعند تشريح إشارة البثّ يظهر جزءٌ ضيّقٌ، وآخرُ عريض، يحمل الجزء النحيل الضيّق إشارة الفيديو، الذي يُبثّ فيه أكثر من نصف الطاقة، وعند نطاق تردّد 10 هرتز، يُحدّد موقع المحطّة بين المحطّات (المحطّات المألوفة من 2 إلى 13) إضافةً إلى وجود الإشارة في المقام الأوّل؛ أمّا الإشارة منخفضة الشدّة، وعريضة الحزمة، بعرض 5 ملايين هرتز، فتحيط بحامل التردّدات الأعلى والأقلّ، ويحمل التضمينات التي تحتوي على جميع معلومات البرنامج الذي يُبثّ.

أعتقد أنّ بإمكانك أنْ تحزر: الولايات المتّحدة هي المساهم الأكبر بين دول العالم جميعها في البثّ التلفزيونيّ على كوكب الأرض. إذا قامت حضارةٌ فضائيّةٌ بالتنصُّت، فإنّ أوّل ما يُكتشف هو إشارتنا القويّة، وإذا استمرّت بمتابعة هذه الإشارة، فستجد انزياحات دوبلر دوريّة لهذه الإشارات (بالتناوب من التردّد الأخفض إلى التردّد الأعلى) تحدث دوريّاً كلّ 24 ساعة، وستلْحظ

أنّ الإشارة تصبح أقوى وأضعف خلال المدّة الزمنيّة نفسها، ويمكن أن يستنتج الفضائيّون أوّلاً: أنّ بقعةً غامضةً تتسبّب طبيعيّاً بأمواجٍ راديويّةٍ تظهر وتختفي في مجال الرؤية، لكنْ إنْ تمكّنوا من فكّ رموز التضمينات في الجزء العريض من الإشارة، فيمكنهم عندها أن يصلوا إلى بعض عناصر ثقافتنا.

لا تحتاج الأمواج الكهرومغناطيسيّة -بما فيها الضوء المرئيّ، والأمواج الراديويّة- إلى وسطٍ للانتقال عبْره؛ في الواقع، تكون هذه الأمواج سعيدةً بالانتقال عبْر فراغ الفضاء، وبناءً على ذلك، يمكن للإشارة الحمراء الوامضة في الاستديوهات الإذاعيّة التي تُعلِن «على الهواء» أنْ تُقرأ «عبْر الفضاء»، وينطبق هذا على نحوٍ خاصٍّ على تردّدات التلفاز و FM التي تهرب إلى الفضاء.

كلّما تحرّكت الإشارة في الفضاء فإنّها تصبح أضعف، ثمّ أضعف؛ فالمساحة المتزايدة التي تنتقل خلالها تتسبّب في تخفيفها. أخيراً، تُدفن الإشارات بالضوضاء الراديويّة للكون، التي تتكوّن من أمواج الراديو التي تبعثها المجرّات، والأمواج الصُّغريّة للخلفيّة الكونيّة، ومناطق تشكيل النجوم الغنيّة بأمواج الراديو في مجرّة درب التبّانة، والأشعّة الكونيّة؛ هذه العوامل ستحدُّ من احتمال قيام حضارةٍ فضائيّةٍ بفكّ رموز حياتنا الإنسانيّة.

من نقاط البثّ الراهنة على الأرض، يحتاج الفضائيّون -بافتراض أنّهم يبعدون عنّا 100 سنةٍ ضوئيّةٍ- إلى جهاز استقبالٍ لا سلكيٍّ يعادل 15 ضعفاً من مساحة التجميع في تلسكوب أريسيبو في بورتوريكو (الأكبر في العالم) لاكتشاف إشارةٍ تحمل بثّ محطّةٍ تلفزيونيّةٍ، وإذا أرادوا فكّ تشفير معلومات البرمجة الخاصّة بنا، وبذلك التعرّف إلى ثقافتنا، عليهم أوّلاً: القيام بتعويض انزياحات دوبلر الناتجة عن دوران الأرض حول محورها وحول الشمس (لكي يقعوا على محطّة تلفزيونيّة محدّدة)، ثمّ عليهم زيادة قدرتهم على الكشف عن الإشارات بعامل يزيد 10,000 عن عامل كشفهم لإشارة الحامل؛ ولكي يتمكّنوا من ذلك (حسب المصطلحات الراديويّة) يحتاجون إلى طبقٍ يبلغ قطره 20 ميلاً؛ أي: ما يفوق قطر طبق تليسكوب أرسيبو [1] بأربعمئة مرّة.

إن كانت حضارة فضائيّة ما ذات تكنولوجيا متطوّرة تلتقط إشاراتنا بالفعل (بوساطة تلسكوب كبير وحسّاس بقدْرٍ مناسب)، وتمكّنوا من فكّ شيفرات التضمينات، فلا بدّ من أنّ علماء الأنثروبولوجيا لديهم سيشعرون بالضياع فيما سيجدونه من ثقافتنا؛ فبينما يشاهدون حضارة كوكبنا تبث أمواج الراديو، سيجذب اهتمامهم الحلقات الأولى من مسلسل Howdy

---

(1) في 1 كانون الأول/ديسمبر 2020؛ حيث قرّرت مؤسّسة العلوم الوطنيّة الأمريكيّة (NSF)، التي تمتلك المرصد، المضيّ قدماً في إيقاف تشغيل التلسكوب بسبب تضرّره، الذي عدّهُ المهندسون شديد الخطورة، ولا يمكن الحفاظ على استقراره بدون المخاطرة بحياة الناس. (م).

Doody، وعندما يعلمون كيف ينصتون إلى بثّنا سيتعلّمون كم هو تقليديٌّ التفاعل بين الذكور والإناث من البشر من خلال مسلسل Honeymooners لجاكي غليسون، وقصّة لوسي وريكي في مسلسل I love Lucy، ثمّ سيُقيِّم الفضائيّون ذكاءنا من خلال حلقات Gomer Pyle، و The Beverly Hillbillies، وربّما من Hee Haw، وفي حال لم يستسلم الفضائيّون عند هذا الحدّ، وقرّروا أن ينتظروا بضع سنواتٍ أُخَر، سيتعلّمون المزيد عن تفاعل البشر من أركي بنكر في All in the family، ومن جورج جيفرسون في مسلسل The Jeffersons، وبعد بضع سنواتٍ من الدراسة ستزداد معرفتهم بنا من خلال الشخصيّات الغريبة في مسلسل Seinfield، وبالطبع شخصيّات الكرتون الشهيرة في مسلسل The Simpsons. (لكنّهم لن يأخذوا أيّة حكمةٍ من المسلسل الشهير Beavis and Buttheads لأنّه كان يعرض فقط على تردّد MTV لبرامج التلفاز الكبليّ التي لا يصل بثّها خارج الأرض؛ هذه كانت أشهر برامج زمننا، ولكلٍّ منها بصمته في ذلك الجيل بشكل عُروضٍ تُعاد وتُكرّر، فما الذي سيتعلّمونه من الشخصيّات الغريبة في المسلسلات الكوميديّة الشهيرة التي استمرّ عرضها لأجيال، وما تقييمهم لذكائنا عند مشاهدتهم لها؟

كما تختلط العروض الهزليّة في الإشارات التي نبعثها للكون، مع العروض الإخباريّة الطويلة، كعشرات السنوات من سفك الدماء في أثناء حرب فيتنام، وحروب الخليج، وفي المناطق العسكريّة الساخنة الأُخرى على الكوكب. بعد 50 عاماً من البثّ التلفزيونيّ، لا يوجد لدى الفضائيّين ما يستنتجونه عنّا باستثناء أنّنا مختلُّون بُلهاء، ومرضى نفسيّون عُصابيّون يقتلهم الجوع والعنف.

في عصرنا الراهن، بعد انتشار التلفاز الكبليّ (الذي يعتمد على الكبل عوضاً عن التلفاز الذي يستقبل الإشارات من الهوائيّ)، نجت إشارات البثّ التلفزيونيّ من السفر إلى الفضاء، وأصبحت تصل مباشرةً إلى منزلك، وسنصل إلى زمنٍ لا يكون فيه التلفاز وسطاً للبثّ، ما يترك الفضائيّين الذين يتنصّتون علينا يتساءلون الآن إن كان جنسنا قد انقرض.

لا نعلم إن كان ذلك للأفضل أم للأسوأ، لكنّ إشارات التلفاز قد لا تكون هي الإشارات الوحيدة التي تصدر عن الأرض، والتي يفكّ شيفرتها الفضائيّون. في أيّ وقتٍ نتواصل فيه مع روّاد الفضاء، أو المركبات الفضائيّة، تضيع الإشارات جميعها التي لا تتقاطع مع مستقبِل المركبة في الفضاء وإلى الأبد. جرى تحسين كفاءة الاتّصال هذه كثيراً من خلال الطرائق الحديثة لضغط الإشارة؛ ففي العصر الرقميّ يتعلّق موضوع جودة الاتّصال بمقدار البايت المرسَلة في الثانية،

وإذا ابتكرت خوارزميّة ذكيّة ضغطت فيها الإشارة الخاصّة بك بعامل 10، تزداد كفاءة التواصل لديك بعشر مرّات، بشرط أن يتمكّن الشخص، أو الجهاز المستقبِل من فكّ ضغط الإشارة. تتضمّن الأمثلةُ الحديثة لأدوات الضغط المساعِدة البرامجَ التي تُنشئ التسجيلات الصوتيّة MP، والصور JBEG، والأفلام MPEG في الحاسوب، ما يتيح نقل الملفّات بسرعةٍ، وتقليل الفوضى المتراكمة على محرّك الأقراص الثابتة في الحاسوب.

إشارة الراديو الوحيدة التي لا يمكن ضغطها هي التي تحوي معلوماتٍ عشوائيّةً تماماً، ما يجعلها غير قابلةٍ للتمييز عن التشويش، أو الضوضاء الراديويّة الطبيعيّة (أمواج الراديو الثابتة). في حقيقةٍ ذات صلةٍ بهذا الموضوع، كلّما قمت بضغط الإشارة أكثر، بدتْ أكثر عشوائيّةً لمن يلتقطها، وفي الواقع، لا يمكن تمييز الإشارة المضغوطة من التشويش إلّا لمستقبِلٍ لديه المعرفة والأدوات اللازمة لفكّ ضغطها. ماذا يعني ذلك كلّه؟ حتّى لو كانت الثقافة متقدّمةً، وذات كفاءةٍ بما يكفي، فإنّ إشاراتها (حتّى بدون تأثير الإرسال الكبليّ) يمكن أن تختفي تماماً في الضوضاء الكونيّة.

منذ اختراع المصابيح الكهربائيّة واستعمالها على نطاقٍ واسعٍ، خلقت البشريّة -إضافةً إلى فقاعتها الراديويّة- فقاعةً من الضوء المرئيّ؛ هذه هي علامتنا الفارقة الليليّة، وقد تغيّرت ببطءٍ من مصابيح التنغستين إلى إنارة النيون في اللوحات الإعلانيّة، إلى الاستعمال واسع النطاق الآن لمصابيح بخار الصوديوم لإنارة الشوارع، لكنْ باستثناء شيفرة مورس التي ترسلها المصابيح من سطح السفن، لا نستعمل الضوء المرئيّ لحمل إشارات، لذا فإنّ فقاعتنا البصريّة ليست مثيرةً للاهتمام، إضافةً إلى أنّها تضيع في وهج الضوء المرئيّ للشمس.

عوضاً عن جعل الفضائيّين يستمعون إلى برامجنا التلفزيونيّة المُحرِجة، لِمَ لا نرسل إليهم إشارةً ذكيّةً من اختيارنا، تُظهِر مدى ذكائنا وحُبّنا للسلام؟ قمنا بذلك للمرّة الأولى بإرسالنا لوحات من الذهب ثُبّتتْ على جوانب المسابير الفضائيّة الأربعة غير المأهولة: بايونير١٠، و ١١، وفوياجر١ و 2، حُفِرَ عليها صور توضيحيّة لمعارفنا العلميّة الأساسيّة، وموقعنا في مجرّة درب التبّانة، بينما تحتوي اللويحات التي تحملها مركبتا: فوياجر١ و2، على تسجيلاتٍ صوتيّةٍ تُظهر لطف ومودّة جنسنا. بسرعة 50,000 ميل في الساعة -وهي سرعةٌ كافيةٌ للهروب من النظام الشمسيّ- تسافر هذه المركبات بين الكواكب، لكنّها سرعةٌ بطيئةٌ مقارنةً بسرعة الضوء، ولن تصل إلى النجوم القريبة قبل 100,000 سنة. تمثّل هذه المركبات «فقاعتنا الفضائيّة». أنصحك ألاّ تنتظر منها شيئاً.

هناك طريقة أفضل للتواصل؛ وهي إرسال إشارة راديو عالية الكثافة إلى أحد الأماكن المزدحمة في المجرّة، مثل: أحد العناقيد النجميّة، وقيمَ بذلك لأوّل مرّة عام 1976، عن طريق استعمال تلسكوب أرسيبو كجهاز إرسال -عوضاً عن جهاز استقبال- لإرسال أوّل إشارةٍ موجيّةٍ راديويّةٍ إلى الفضاء من اختيارنا. في الوقت الذي أكتب في هذه الكلمات، وصلت هذه الإشارة إلى مسافة 30 سنة ضوئيّة عن الأرض، في اتّجاه العنقود النجميّ المذهل المعروف باسْم M13، في كوكبة هرقل، وتحتوي الرسالة على نحوٍ رقميٍّ على بعض ما يماثل لوحات بايونير وفوياجر، مع ذلك، هناك مشكلتان: العنقود النجميّ ممتلئٌ بالنجوم (على الأقلّ نصف مليون) المتوضّعة على نحوٍ كثيفٍ للغاية؛ أي: إنّ مدارات الكواكب غير مستقرّة؛ لأنّ ثبات تجاذبها الثقاليّ مع نجمها المضيف يتغيّر خلال الدوران حول مركز العنقود، إضافةً إلى وجود كميّةٍ ضئيلةٍ من العناصر الثقيلة (التي تُصنع منها الكواكب) في العنقود النجميّ، وبذلك ربّما كانت الكواكب نادرة الوجود فيه؛ لم تكن هذه النقاط العلميّة معروفةً، أو مفهومةً جيّداً عند إرسال الإشارة.

على أيّ حال، وصلت ذروة الرسالة الراديويّة «المقصودة» (التي تشكّل مخروطاً من أمواج الراديو الموجّهة، عوضاً عن فقاعة) إلى مسافة 30 سنة ضوئيّة، وربّما تُصلح صورتنا التي كوّنها الفضائيّون استناداً إلى فقاعة الراديو من برامجنا التلفزيونيّة، لكنْ تُرى أيّة صورة منهما سيرى الفضائيّون أنّها أقرب إلى حقيقتنا، ومَن منهما تحدّد هويّتنا الكونيّة التي نستحقّها؟

القسم الخامس

عندما يصبح الكون شريراً

كل الطرق التي يحاول بها الكون قتلنا

- 28 -

الفوضى في النظام الشمسيّ

يميّز العِلم نفسه عن المساعي البشريّة الأُخرى جميعها تقريباً بقدرته على التنبّؤ بأحداث المستقبل بدقّة، وتمنحنا الصحف اليوميّة تواريخ المراحل القادمة للقمر، وأوقات شروق الشمس في الغد، لكنّها لا تعلن عن «أخبارٍ من عالَم المستقبل»، مثل: أخبار بورصة نيويورك يوم الاثنين القادم، أو تحطّم طائرةٍ في منتصف الشهر المقبل. يعرف الناس عامّةً -على نحوٍ حدسيٍّ، إنْ لم يكن مباشراً- أنّ العلم قادرٌ على صنع تنبّؤات، لكنْ قد يُفاجأ الناس بأنّ العِلم يمكن أن يتنبّأ بأنّ أمراً ما غيرُ قابلٍ للتنبّؤ؛ هذه الحقيقة هي أساس الفوضى، والفوضى هي أساس التطوّر المستقبليّ للنظام الشمسيّ.

لا بدّ من أنّ الفوضى في النظام الشمسيّ أزعجت الفلكيّ الألمانيّ يوهانس كِبلر، الذي يُنسب إليه عموماً أوّل القوانين الفيزيائيّة التنبّؤيّة، التي نُشرت بين عامي: 1609، و1619، باستعمال معادلةٍ توصّل إليها تجريبيّاً من مواقع الكواكب في السماء، تُمكّن من التنبّؤ بمتوسّط المسافة بين أيّ كوكبٍ والشمس من معرفته بالمدّة التي يستغرقها الكوكب للدوران حول الشمس. في كتاب المبادئ لنيوتن عام 1687، يمكنك اشتقاق قوانين كِبلر جميعها من قانون الجاذبيّة العالميّ بدءاً من الصفر.

على الرغم من النجاح الفوريّ لقوانينه في الجاذبيّة، استمرّ نيوتن بالقلق من أنْ يقع النظام الشمسيّ يوماً ما في الفوضى، وببصيرةٍ مميّزةٍ، ذكر نيوتن في كتابه الثالث: البصريّات «*Opticks*» عام 1730:

> تتحرك الكواكب في اتّجاهٍ واحدٍ في مداراتها متّحدة المركز، باستثناء بعض المخالفات

الشاذّة الطفيفة، التي من الممكن أن يكون منشؤها التأثيرات المتبادلة... للكواكب على بعضها، التي ستزداد حتّى يصبح النظام في حالةٍ تستدعي الإصلاح. (ص 402)

كما سنوضح في القسم 7، يشير نيوتن إلى ضرورة تدخُّل الإله من حينٍ إلى آخر لإصلاح الأشياء؛ أمّا عالِم الرياضيّات والحركة الفرنسيّ الشهير بيير سيمون لابلاس، فكانت له رؤية معاكسة للعالَم؛ في رسالته المؤلّفة من خمسة مجلّدات، التي كتبها بين عامَي: 1799، و1825 «ميكانيكا الأجرام السماوية» «*Traité de mécanique celeste*»، كان لابلاس مقتنعاً بأنّ الكون مستقرٌ، ويمكن التنبُّؤ به بالكامل، فكتب لابلاس لاحقاً في مقالاتٍ فلسفيّةٍ عن الاحتمالات (1814):

[مع] القوى التي خلقتها الطبيعة كلّها... لا يوجد شيءٌ غير مؤكّد، والمستقبل كما الماضي سيكون حاضراً أمام أعيننا. (1995، الفصل 2، ص 3)

بالفعل، يبدو النظام الشمسيّ مستقرّاً إنْ كان ما لديك كلّه عبارة عن قلم وورقة، لكنْ في عصر الحواسيب الفائقة، عندما تجري مليارات عمليّات الحوسبة خلال ثانية، يمكن تتبّع نموذج للنظام الشمسيّ لمئات ملايين السنين. ما الهديّة التي نحصل عليها من فهمنا العميق للكون؟ الفوضى!

تُظهِر الفوضى نفسها من خلال تطبيق القوانين الفيزيائيّة المُختبَرة جيّداً في النماذج الحاسوبيّة لتطوّر مستقبل النظام الشمسيّ، لكنّها تظهر أيضاً في أنظمةٍ أُخرى، مثل: عِلم الأرصاد الجويّة، والنظام البيئيّ (المفترس- الضحيّة)، وتقريباً في كلّ مكانٍ يمكن أن تجد فيه أنظمةً معقّدةً متداخلة.

لفهْم الفوضى في النظام الشمسيّ، يجب أوّلاً: إدراك أنّ الاختلاف في الموقع بين جرْمَيْن، والمعروف بـ«المسافة» بينهما، هو مجرّد واحدٍ من العديد من الاختلافات التي يمكن حسابها، ويمكن لجرْمَيْن أنْ يختلفا أيضاً في الطاقة، وحجم المدار، وشكله، وانحرافه؛ يمكننا -إذنْ- توسيع مفهوم «المسافة» ليشمل فصل الأجرام بهذه المتغيّرات أيضاً، مثلاً: لجرْمَيْن قريبَيْن (في الوقت الراهن) من بعضهما في الفضاء شكلان مختلفان لمداريهما، وتعريفنا المعدّل لمفهوم «المسافة» يخبرنا أنّ الجرْمَيْن متباعدان كثيراً عن بعضهما.

هناك اختبارٌ شائعٌ للفوضى، يتضمّن البدء بنموذجين حاسوبيّين متطابقين في كلّ شيءٍ باستثناء تغييرٍ بسيطٍ في مكانٍ ما، يمكنك في أحد النظامين الشمسيّين أنْ تزيح الأرض قليلاً عن مدارها نتيجة التعرُّض لنيزكٍ صغير. يمكننا الآن طرح سؤالٍ بسيط: بمرور الوقت، ما الذي

سيحدث لـ«المسافة» بين هذين النموذجين المتطابقين تقريباً؟ ربّما تبقى المسافة مستقرّةً، أو تتقلّب، أو حتّى تتباعد، وعندما يتباعد نموذجان على نحوٍ كبيرٍ، فإنّ السبب يعود إلى أنّ الاختلافات الصغيرة بينهما تتضخّم بمرور الوقت، ما يربك -بشدّةٍ- قدرتك على التنبّؤ بالمستقبل. في بعض الحالات، يمكن أن يُطرد الجرْم من النظام الشمسيّ بالكامل.

هذه هي السِّمة المميّزة للفوضى.

بالحديث عن الجوانب العمليّة كلّها، يتسبّب وجود الفوضى باستحالة التنبّؤ العلميّ على نحوٍ موثوقٍ بالمستقبل البعيد لتطوّر أيّ نظام، ويعود الفضل لفهْمنا الأوّليّ لبداية الفوضى إلى ألكسندر ميخائيلوفيتش لابونوف (1857-1918)، الذي كان عالِم رياضيّاتٍ ومهندساً ميكانيكيّاً روسيّاً، ولا تزال أطروحته للدكتوراه عام 1892 بعنوان «المشكلة العامّة لاستقرار الحركة» أحد المراجع المهمّة إلى يومنا هذا. (بالمناسبة، توفي لابونوف في فوضى الاضطرابات السياسيّة التي أعقبت الثورة الروسيّة مباشرة).

منذ وضع نيوتن قوانين الحركة، أصبح بالإمكان حساب المسارات الدقيقة لجرْمَيْن معزولين في مدارٍ مُشترك، مثل نظامٍ نجميٍّ ثنائيٍّ، على نحوٍ دائم. في هذه الحالة الاستقرار دائم، لكنْ ما إن تُضِفْ أجراماً أُخرى إلى حلبة الرقص، حتّى تصبح المدارات أكثر تعقيداً، وتزداد حساسيّتها لظروفها الأوليّة. لدينا في النظام الشمسيّ: الشمس، وكواكبها الثمانية، وما يزيد عن 70 قمراً، وكويكبات، ومذنّبات، ويبدو هذا معقّداً بما فيه الكفاية، لكنّ القصّة لم تنتهِ بعد؛ تتأثر المدارات في النظام الشمسيّ بفقدان الشمس 4 ملايين طنّ من كتلتها في كلّ ثانيةٍ؛ بسبب الاندماج النوويّ الحراريّ في مركزها، وتتحوّل المادّة إلى طاقةٍ، التي تهرب في النهاية كأشعّة ضوءٍ من سطح الشمس، وتخسر الشمس أيضاً من كتلتها بسبب الطرد المستمرّ للجُسيمات المشحونة فيما يُعرف بالرياح الشمسيّة، كما يتأثّر النظام الشمسيّ بالمزيد من الجاذبيّة الناتجة عن النجوم التي تمرّ قريباً منه بين الحين والآخر في مدارها الطبيعيّ حول مركز المجرّة.

لتدرك مهمّة الحركة الديناميكيّة للنظام الشمسيّ إدراكاً كاملاً، عليك أن تعرف أنّ معادلات الحركة تسمح بحساب قوّة الجاذبيّة الصافية على جرْمٍ ما في أيّة لحظةٍ، للأجرام في النظام الشمسيّ وما بعده جميعها. بمجرّد أن تعرف القوّة المُطبّقة على كلّ جرْمٍ، تدخلهم جميعاً إلى الحاسوب، وتدفعهم قليلاً في الاتّجاه المفترض أنْ يسيروا فيه، لكنّ القوّة المُطبّقة على كلّ جرْمٍ في النظام الشمسيّ قد اختلفت قليلاً الآن؛ لأنّ الأجرام جميعها قد تحرّكت؛ لذا عليك إعادة إدخال القوى كلّها وتوجيهها مجدّداً، ويستمرّ ذلك طوال مدّة المحاكاة الحاسوبيّة، التي تقتضي في بعض الحالات تريليونات من التغييرات، وعندما تقوم بمحاكاةٍ كهذه على الحاسوب، أو أيّة

محاكاةٍ أُخرى، سيكون سلوك النظام الشمسيّ فوضوياً. مع مرور الوقت، قرابة 5 ملايين سنة للكواكب الأرضيّة الداخليّة: (عطارد، والزهرة، والأرض، والمرّيخ) وقرابة 20 مليون سنة للكواكب العملاقة الغازيّة الخارجيّة: (المشتري، وزُحل، وأورانوس، ونبتون)، تؤدّي «مسافات» صغيرة اعتباطيّة في الظروف الأوليّة إلى تغييراتٍ ملحوظة، ومع مرور 100 إلى 200 مليون سنة، نفقد القدرة كلّها على التنبّؤ بمسارات الكواكب.

نعم، هذا أمرٌ سيّئ! على سبيل المثال: إذا حسبنا التأثير الذي لا يُذكر الذي يسبّبه إطلاق مسبارٍ فضائيٍّ واحدٍ على مدار الأرض المستقبليّ خلال 200 مليون عام، فإنّ موقع الأرض في مدارها حول الشمس سيتغيّر بمقدار 60 درجة تقريباً. بالتأكيد تبدو مسألة ألّا نعرف موقع الأرض في مدارها في المستقبل البعيد جهلاً غير خطِر، لكنّ القلق يظهر عندما نعرف أنّ عائلةً من الكويكبات ربّما تنتقل على نحوٍ فوضويٍّ إلى عائلةٍ أُخرى من المدارات. الآن، إن كان هناك احتمالٌ بتغيير الكويكبات لمساراتها، وتغيير مدار الأرض على نحوٍ لا يمكننا توقّعه، إذنْ تصبح قدرتنا محدودةً على الحساب الدقيق لخطر اصطدام كويكبٍ ضخمٍ بالأرض مستقبلاً، وحدوث انقراضٍ عالميٍّ تالٍ لذلك.

هل يجب أن تُصنع المسابير الفضائيّة من موادّ أخفّ وزناً؟ هل علينا التخلّي عن برنامج استكشاف الفضاء؟ هل يجب أن نقلق من النقص في كتلة الشمس؟ هل يجب علينا القلق من آلاف الأطنان من غبار الكويكبات التي تزيد كتلة الأرض يوميّاً، بينما يدور كوكبنا في الفضاء بين الكواكب جارفاً الحطام الكونيّ في طريقه؟ هل علينا أن نجتمع جميعنا -نحن البشر- على طرفٍ من الكرة الأرضيّة، ونقفز قفزةً جماعيّةً باتّجاه الفضاء؟ بالطبع، لا شيء من ذلك. تضيع التأثيرات طويلة المدى لهذه التغييرات الطفيفة في الفوضى التي تتجلّى لنا يوماً بعد يوم، وفي بعض الحالات، الجهل بالفوضى يمكن أن يكون لصالحنا.

يمكن للشخص النزّاع إلى الشكّ أنْ يقلق من عدم القدرة على التنبُّؤ بمسير نظامٍ ديناميكيٍّ معقّدٍ على مدى فواصل زمنيّة طويلة ناتج عن خطأ حاسوبيّ، أو لخصيصةٍ مميّزةٍ للرقاقة الحاسوبيّة، أو البرنامج الحاسوبيّ، لكنْ لو كانت هذه الشكوك صحيحةً، قد تُظهر النماذج الحاسوبيّة للأنظمة ثنائيّة الأجرام الفوضى خلال مرور الوقت أيضاً في النماذج الحاسوبيّة، لكنّها لا تفعل، وإذا أزلت أورانوس من نموذج النظام الشمسيّ، وأعدت حسابات المدارات للكواكب العملاقة الغازيّة، لن تجد فوضى عندها، وهناك تجربة أُخرى للمحاكاة الحاسوبيّة لحركة بلوتو، الذي يظهر مداره اختلافاً مركزيّاً، وميلاناً واضحاً. عموماً، يُظهِر بلوتو فوضى جيّدة؛ حيث تقود «المسافات» بين الظروف الأوليّة إلى تغييراتٍ لا يمكن التنبّؤ بها، لكنّها محدودةٌ في مساره. مع

ذلك، الأمر الأكثر أهميّةً هو أنّ باحثين مختلفين باستعمال أجهزة حاسوبٍ مختلفةٍ، ونظريّاتٍ حاسوبيّةٍ مختلفةٍ، توصّلوا إلى فواصل زمنيّة متشابهة لحدوث الفوضى على المدى الطويل لتطوّر النظام الشمسيّ.

بصرف النظر عن رغبتنا الأنانيّة بألّا نتعرّض للانقراض، توجد أسبابٌ أُخرى لدراستنا السلوك طويل الأمد للنظام الشمسيّ. مع نموذجٍ تطوّريٍّ كاملٍ، يمكن إرجاع الزمن إلى الوراء لسبْر تاريخ النظام الشمسيّ، عندما كانت الحركة الكوكبيّة مختلفةً جدّاً عمّا هي عليه اليوم، مثلاً: بعض الكواكب التي كانت موجودةً في بداية النظام الشمسي (منذ 5 مليارات سنة) طُرِدت بالقوّة من النظام. يمكن أن تكون بداية نظامنا الشمسيّ بعشرات الكواكب، عوضاً عن ثمانية، وحدث أنْ طُرد أغلبها، وأُقصي بالقوّة خارج النظام إلى الفضاء بين الكواكب.

في القرون الأربعة الماضية، انتقلنا من حالة عدم معرفة حركة الكواكب إلى معرفتنا بأنّنا لا نستطيع معرفة تطوّر النظام الشمسيّ في المستقبل البعيد؛ إنّه نصرٌ تمتزج فيه السعادة مع الحزن في سعينا غير المتناهي لفهم الكون.

- 29 -

الإعلان الترويجي

يوجد الكثير من التنبؤات المخيفة بمحرقةٍ عالميّةٍ تتسبّب بها الكويكبات القاتلة؛ هذا جيّد؛ لأنّ معظم هذه الأفكار التي قرأت، أو سمعت عنها، تقوم على أُسسٍ صحيحةٍ علميّاً.

إنّ احتمال أن يُقرأ على شاهد قبرك، أو قبري: «مات بكُويكب» مساوٍ لاحتمال أنْ يُقرأ: «مات بحادث تحطّم طائرة». لكنْ كيف يمكن أن تكون هذه المقارنة صحيحة؟ فضحايا سقوط الكويكبات خلال 400 سنة ماضية لا يزيد عن عشرين شخصاً، بينما مات الآلاف من الركّاب في حوادث طيران خلال تاريخٍ وجيزٍ نسبيّاً من السفر الجويّ. الجواب بسيط: تُظهِر حسابات الاصطدام أنّه بعد 10 ملايين عام، سيبلغ مجموع ضحايا حوادث تحطّم الطائرات مليار شخص (بافتراض معدّل وفاة البشر بحوادث طيران هو 100 شخص في السنة)، بحلول ذلك الوقت، من المحتمل أن يكون كويكبٌ قد اصطدم بالأرض مسبّباً قتل مليار شخص أيضاً. الأمر المربك في المقارنة أنّ حوادث تحطّم الطائرات تقتل عدداً قليلاً من الأشخاص في كلّ مرّةٍ خلال مدّةٍ من الوقت، في حين قد لا يقتل كويكبٌ أحداً على كوكبنا لملايين السنين، لكنّه عندما يضرب الأرض، سيقتل مئات ملايين الناس على الفور، ومئات الملايين الآخرين في أعقاب الاضطرابات المناخيّة العالميّة التي يسبّبها.

كان مجموع معدّلَيْ اصطدام الكويكبات والمذنّبات في النظام الشمسيّ المبكّر مرتفعاً على نحوٍ مخيف. تُظهِر نظريّات ونماذج تكوين الكواكب أنّ الغاز الغنيّ كيميائيّاً يتكثّف ليشكّل الجُزيئات، ثمّ حبّات الغبار، ثمّ الصخور والجليد، وبعد ذلك، يبدأ معرضٌ للرماية. تعمل التصادمات كوسيلةٍ للقوى الكيميائيّة وقوى الجاذبيّة لتدمج الأجسام الصغيرة في أجسامٍ أكبر؛ هذه الأجسام التي تراكم -عن طريق المصادفة- كتلةً أكثر بقليل من المتوسّط، يصبح لها جاذبيّة أكبر، وتجذب بذلك المزيد من الأجسام، ومع استمرار التراكم، تقوم الجاذبيّة في النهاية

بتشكيل الكتلة في كرةٍ ليولد كوكبٌ جديد. كان للكواكب الضخمة الجاذبيّة الكافية للحفاظ على مغلّفاتها الغازيّة، وتستمرّ معظم الكواكب بعمليّة التراكم طول حياتها، لكنْ بمعدّلٍ أقلّ بكثيرٍ ممّا كانت عليه عند تشكيلها.

مع ذلك، تبقى مليارات المذنّبات (غالباً تريليونات) في النظام الشمسيّ الخارجيّ الأقصى؛ أي: ما يصل إلى مسافةٍ تبلغ ألف ضعفٍ من مدار بلوتو، التي تكون عرضةً لدفعات الجاذبيّة من النجوم المارّة، والسُّحُب البينجميّة، ما يضعها في مساراتٍ طويلةٍ نحو الشمس. تشمل بقايا تشكّل النظام الشمسيّ أيضاً مذنّبات قصيرة المدارات، ومن المعروف أنّ عشراتٍ منها تعبُر مدار الأرض، وآلاف من الكويكبات التي تعبُر مدار الأرض أيضاً.

إنّ مصطلح «التراكم» مملٌّ أكثر من «الاصطدام القاتل للأنواع والمدمّر للنظام البيئيّ الحيويّ»، لكنْ من وجهة نظر تاريخ النظام الشمسيّ، يدلّ هذان المصطلحان على العمليّة ذاتها. لا يمكننا أن نكون سعداء لأنّنا: نعيش على كوكب، وكوكبنا غنيٌّ كيميائيّاً، ولأنّنا لم ننقرض مثل الديناصورات، وفي الوقت نفسه نستاء من خطر كارثةٍ عالميّةٍ على مستوى الكوكب. يتخلّص الكويكب المصطدم من قسمٍ من طاقته في غلافنا الجويّ من خلال الاحتكاك والانفجار الهوائيّ الذي تسبّبه أمواج الصدمة، واختراق جدار الصوت هو أمواج صدمة أيضاً، لكنْ عادةً ما تصنعها طائرةٌ تحلّق بسرعةٍ تتراوح بين ضعف وثلاثة أضعاف سرعة الصوت، وأسوأ ما يمكن أن تتسبّب به هو اهتزاز الأطباق في خزانة المطبخ، ولكنْ مع سرعةٍ تزيد عن 45,000 ميل في الساعة؛ أي: ما يقارب سبعين ضعفاً من سرعة الصوت؛ يمكن أن تصبح أمواج الصدمة، الناتجة عن الاصطدام المتوسّط لكويكبٍ مع الأرض؛ مدمِّرة.

إنْ كان الكويكب، أو المذنّب كبيراً بما فيه الكفاية لينجو من أمواج الصدمة التي تسبّب بها، فيمكن لطاقته المتبقّية التي تصل إلى الأرض أنْ تُحدث انفجاراً هائلاً يُذيب الأرض، ويتسبّب بحفرة اصطدامٍ يصل قطرها إلى عشرين ضعفاً من قطر الكويكب، وفي حال حصول العديد من مثل هذه الضربات خلال مدّةٍ زمنيّةٍ قصيرةٍ، فلن يمتلك سطح الأرض الفرصة لتنخفض درجة حرارته بين الضربات، ويمكننا أن نستنتج من السجلّ الأصليّ للحفر على سطح القمر (أقرب جيراننا في الفضاء) أنّ الأرض عاشت عصر القصف الشديد بين 4.6 و4 مليارات سنة مضت، ويعود أقدم دليلٍ أحفوريٍّ للحياة على الأرض إلى قرابة 3.8 مليار سنة. قبل ذلك بمدّةٍ قصيرةٍ، أدّى ذلك القصف إلى تعقيم سطح الأرض بشدّة، وبذلك تثبيط تكوين جُزيئاتٍ معقّدة، وبذلك منع بدء الحياة. على الرغم من هذه الأخبار السيّئة، إلّا أنّ ما سبق هو ما أوصل المكوّنات الأساسيّة للحياة جميعها إلى كوكب الأرض.

ما الوقت الذي استغرقته الحياة للبدء؟ الرقم المعروف غالباً هو 800 مليون عام (4.6 مليار - 3.8 مليار = 800 مليون)، لكنْ لكي ننصف الكيمياء العضويّة، يجب أنْ نطرح أيضاً الوقت الذي كان فيه سطح الأرض حارّاً لدرجةٍ لا تُحتمل، وبذلك لا يبقى سوى 200 مليون سنة لتظهر الحياة من حساءٍ غنيٍّ كيميائيّاً، الذي يحتوي -كما أنواع الحساء الجيّدة كلّها- على الماء.

أجل، الماء الذي تشربه كلّ يوم، أوصلت المذنّبات معظمه إلى الأرض منذ أكثر من 4 مليار سنة، لكنّ الحطام الفضائيّ الذي يصطدم بالأرض ليس كلّه من بقايا بداية تكوُّن النظام الشمسيّ؛ فكوكب الأرض ضُرِب لعشرات المرّات بصخورٍ من المرّيخ، كما أُصيب مرّاتٍ لا تُحصى بصخورٍ من القمر، يحدث ذلك القذف عندما يكون الجسم المصطدم محمّلاً بكميّةٍ كبيرةٍ من الطاقة إلى درجةٍ تجعل الصخور الأصغر قرب منطقة الاصطدام تدفع نحو الأعلى بسرعةٍ كافيةٍ للهروب من قبضة جاذبيّة الكوكب، بعد ذلك، تندفع الصخور بشكل صواريخ بالستيّة في مداراتٍ حول الشمس إلى أنْ تصطدم بشيءٍ آخر، وأشهر صخور المرّيخ على الأرض هو أوّل نيزكٍ عُثر عليه بالقرب من جبال آلان في القارّة القطبيّة الجنوبيّة عام 1984، يُعرف هذا النيزك باسْمٍ مرمّزٍ مختصر: ALH-84001، ويحتوي على أدلّةٍ محيِّرةٍ، وإن كانت غير مباشرة، على أنّ حياةً بسيطةً كانت مزدهرةً في الكوكب الأحمر قبل مليار سنة، وتظهر على سطح المرّيخ أدلّةٌ جيولوجيّةٌ لا حصر لها لتاريخٍ من وجود المياه الجارية التي تشمل مجاري الأنهار، والروافد، والسهول الفيضيّة، ومؤخّراً، وجدت مركبتا المرّيخ الجوالتان: سبيريت، وأوبرتونيتي؛ صخوراً ومعادنَ لا يمكن أن تتشكّل إلّا بوجودٍ دائمٍ للمياه.

بما أنّ الماء السائل أساسيٌّ للحياة كما نعرفها، فإنّ إمكانيّة الحياة على المرّيخ لا تتعدّى حدود السذاجة العلميّة، والجزء الممتع في الفكرة هو التكهّن بأنّ الحياة نشأت على المرّيخ أوّلاً؛ حيث أُطلق من سطحه أوّل روّاد فضاءٍ من البكتيريا المحمولة على بعض النيازك، التي وصلت إلى الأرض، وتطوّرت لتصبح الحياة الراهنة. هناك مصطلحٌ علميٌّ لهذه الفكرة: البذور الكونيّة. ربّما كنّا ننحدر جميعاً من المرّيخيّين.

من المرجّح أنْ تسافر المادّة من المرّيخ إلى الأرض أكثر من حدوث العكس؛ حيث يتطلّب الهروب من جاذبيّة الأرض أكثر من ضعفين ونصف من الطاقة المطلوبة لمغادرة المرّيخ، إضافةً إلى أنّ الغلاف الجويّ للأرض أعلى كثافةً بنحو مئة مرّة، ومقاومة الهواء على الأرض هائلة بالنسبة إلى مقدراها على المرّيخ. على أيّ حال، سيكون على البكتيريا أن تنجوَ من صعوباتٍ عديدةٍ خلال ملايين السنين من التجوّل بين الكواكب قبل أن تصل إلى الأرض. لحُسن الحظّ، يوجد ما يكفي من المياه السائلة والكيمياء الغنيّة على الأرض لنصل إلى مفهوم نشوء الحياة

كما نعرفها، ولا نحتاج إلى نظريّة البذور الكونيّة لتفسير أصل الحياة، حتّى إنْ لم نتمكّن بعد من إيجاده.

من المفارقات، أنّه يمكننا إلقاء اللّوم على حوادث الاصطدام السابقة (التي من الممكن أن تحمل الحياة إلى الأرض) في كوارث الانقراض الرئيسة التي تظهر في السجلّ الأحفوريّ للأرض، لكنْ ما المخاطر الراهنة على الحياة والمجتمع الإنسانيّ؟ فيما يلي جدولٌ يربط بين متوسّط معدّلات الاصطدام على الأرض بحجم الجسم الصادِم والطاقة المكافئة للحادثة بواحدة ميغا طن (1,000,000 طن) من مادّة TNT المتفجِّرة. وكمرجع، أدرجتُ حقلاً في الجدول يقارن طاقة الاصطدام مع واحدةِ تأثيرِ القنبلة الذريّة التي أسقطتها الولايات المتّحدة على مدينة هيروشيما في عام 1945. أُخذت هذه البيانات من رسمٍ بيانيٍّ أعدّه ديفيد موريسون في وكالة ناسا (1992):

حادث اصطدام واحد كل:	محيط الكويكب (مُقدَّراً بالمتر)	طاقة الانفجار (مُقدَّراً بما يكافئ انفجار ميغا طن من TNT)	طاقة الانفجار (مُقدَّراً بما يكافئ انفجار قنبلة ذريّة)
شهر	3	0.001	0.05
سنة	6	0.01	0.5
عقد	15	0.2	10
قرن	30	2	100
ألفية	100	50	2,500
10,000 عام	200	1,000	50,000
1,000,000 عام	2,000	1,000,000	50,000,000
100,000,000 عام	10,000	100,000,000	5,000,000,000

يستند الجدول إلى تحليلٍ مفصّلٍ لتاريخ حفر الاصطدام على الأرض، وسجل حُفَر الاصطدام السليمة التي لم تتعرّض للحتّ على سطح القمر، والأعداد المعروفة من الكويكبات والمذنّبات التي تتقاطع مداراتها مع مدار كوكب الأرض.

يمكن دراسة الطاقة لبعض الآثار الشهيرة لحوادث الاصطدام هذه، على سبيل المثال: حدث انفجارٌ في عام 1908 بالقرب من نهر تونغوسكا في سيبيريا، ما تسبّب بسقوط الأشجار في مساحة آلاف الكيلومترات المربّعة، وحرق 300 كيلومتر مربّع من الأرض المحيطة بمركز

الانفجار. يُعتقد أنّ الجسم كان نيزكاً صخرياً بطول 60 متراً (بحجم مبنى مكوّن من 20 طابقاً)، وانفجر في الجوّ قبل أنْ يصل إلى الأرض، ولذلك لم يتسبّب بأيّة حفرة اصطدام. يتنبأ الجدول بحوادث مثل هذه كلّ 200 عام في المتوسّط، ويُتوقّع أنّ حفرة الاصطدام التي تصل إلى 200 كيلومتر في تشيكسولوب في يوكاتان في المكسيك، قد تسبّب بها نيزكٌ يبلغ طوله 10 كيلومترات. يُحدِث اصطدامٌ مثل هذا طاقةً تبلغ 5 مليارات ضعف من طاقة القنبلة الذريّة التي استُعملت في الحرب العالميّة الثانية، ومعدّل حدوث هكذا اصطدام هو مرّة واحدة في قرابة 100 مليون عام. يعود تاريخ حفرة الاصطدام في تشيكسولوب إلى 65 مليون عام، ولم يُعثر على أكبر منها منذ ذلك الحين. انقرضت ديناصورات تينوصوروس ريكس وأصدقاؤها في الوقت نفسه تقريباً، ما أتاح للثديّات أن تتطوّر على الأرض إلى كائناتٍ أكثر طموحاً من مجرّد زبابيّات شجر[1].

بالنسبة إلى علماء الأحافير والجيولوجيا الذين ما زالوا ينكرون دور حوادث الاصطدام الكونيّة في انقراض بعض أنواع الحياة التي كانت موجودةً على الأرض، فيجب عليهم اقتراح بديل - عوضاً عن التدمير الشامل وتغيير النظام الحيويّ- لِما يمكن أن تفعله الطاقة الهائلة التي تحملها هذه الحوادث بكوكب الأرض. تختلف نطاقات الطاقة كثيراً؛ ففي استعراضٍ لمخاطر حوادث الاصطدام على الأرض في كتاب «الأخطار الناجمة عن المذنّبات والكويكبات» (Gehrels,1994)، قام ديفيد موريسون من مركز أبحاث إيمز التابع لوكالة ناسا، وكلارك ر. شابمان من معهد علوم الكواكب، وبول سلوفيك من جامعة أوريغون؛ بوصفٍ مختصرٍ لعواقب الطاقة غير المرحّب بها، التي تحملها هذه الحوادث، على النظام البيئيّ للأرض. أورد ما يلي من نقاشهم.

معظم الأجسام التي تحمل طاقةً أقلّ من 10 ميغا طنّ ستنفجر في الغلاف الجويّ، ولن تخلّف حفرة اصطدام؛ أمّا بعض الأجسام التي تصل إلى الأرض من هذه الفئة، تكون ذات بُنيةٍ قائمةٍ على الحديد غالباً.

ويتسبّب انفجارٌ يتراوح بين 10 إلى 100 ميغا طنّ لكويكبٍ حديديٍّ بحدوث حفرة، بينما نظيره الصخريّ سيتفتّت ويتسبّب بانفجاراتٍ هوائيّةٍ على نحوٍ رئيس، ويعادل التدمير الأرضيّ مساحةً مكافئةً للعاصمة واشنطن.

ويتسبّب الاصطدام الأرضيّ الذي يتراوح بين 1,000 و10,000 ميغا طنّ بالحفر أيضاً؛ إضافةً إلى أمواج مدٍّ عملاقة في المحيط، ويمكن أن تُدمِّر مساحة مكافئة لولاية ديلاوير.

---

(1) زبابيات الشجر: أحد أنواع الثديّات، تتميّز بارتفاع معدّل كتلة الدماغ نسبةً إلى الجسم أكثر من حيوانٍ ثديٍّ آخر حتّى الإنسان، وتعدّ الكائنات الأقرب ارتباطاً بالرئيسات، وتستخدم بديلاً للإنسان في بعض التجارب.(م).

يؤدّي الانفجار الذي يتراوح بين 100,000 و1,000,000 ميغا طنّ إلى تدميرٍ عالميٍّ في طبقة الأوزون؛ حيث سيتسبّب الاصطدام بأحد المحيطات بأمواج مدٍّ عملاقة يطال أثرها نصف الكرة الأرضيّة بأكمله، بينما يتسبّب الاصطدام بالأرض بارتفاع ما يكفي من الغبار الذي يصل إلى طبقة الستراتوسفير في الغلاف الجويّ، ليغيّر مناخ الأرض، ويجمّد المحاصيل الزراعيّة، وسيدمّر هذا الاصطدام مساحةً تعادل مساحة فرنسا.

يؤدّي انفجارٌ يتراوح بين 10,000,000 و100,000,000 ميغا طنّ إلى تغيّراتٍ مناخيّةٍ طويلة الأمد، وحريقٍ عالميٍّ هائل! وستُدمَّر مساحة مكافئة لمساحة الولايات المتّحدة القاريّة.

أمّا الانفجار الذي يتراوح بين 100,000,000 و1,000,000,000 ميغا طنّ، سواء في الأرض أم في المحيط، سيؤدّي إلى انقراضٍ جماعيٍّ مشابهٍ لتأثير كويكب تشيكسولوب منذ نحو 65 مليون سنة، عندما قُضيَ على قرابة 70% من أنواع الحياة على الأرض في لحظةٍ واحدة.

لحُسن الحظّ، يمكننا في الوقت الراهن رصد وتصنيف الكويكبات جميعها التي تتجاوز الكيلومتر الواحد -وهو الحجم الذي يبدأ عنده نذير كارثةٍ عالميّة- من بين الكويكبات التي تتقاطع مساراتها مع مدار الأرض. يُعدّ نظام الإنذار المبكّر لحماية الجنس البشريّ هدفاً واقعيّاً، على النحو الموصى به في تقرير وكالة ناسا لمسح الفضاء والحماية[1]، حتّى إنّه، صدِّق، أو لا تصدِّق؛ موجودٌ على شاشة الرادار الخاصّة بالكونغرس، لكنْ لسوء الحظّ، لا تعكس الأجسام الأصغر من كيلومتر واحد ضوءاً كافياً لاكتشافها وتعقّبها على نحوٍ موثوقٍ وشامل، ويمكن لهذه الأجسام أن تضرب الأرض من دون سابق إنذار، أو مع إنذارٍ يسبق الضربة بمدّةٍ وجيزةٍ جدّاً لا يمكننا خلالها فعل شيء، ويبقى الجانب الجيّد من ذلك أنّه على الرغم من أنّ طاقة حوادث الانفجار هذه كافيةٌ للتسبّب بكارثةٍ محليّةٍ، وحرق دولةٍ بأكملها، فإنّها لا تعرّض الجنس البشريّ لخطر الانقراض.

بالطبع ليست الأرض الكوكب الصخريّ الوحيد المُعرَّض لحوادث الاصطدام، فوجه عطارد

---

(1) NASA's Spaceguard Survey Report، وينصّ ملخّص التقرير على الآتي:

تشكّل آثار الكويكبات والمذنّبات التي تقترب من الأرض خطراً كبيراً على الحياة والممتلكات، وعلى الرغم من أنّ احتمال إصابة الأرض بكويكبٍ كبيرٍ، أو مذنّبٍ كبيرٍ، ضئيلٌ للغاية، فإنّ عواقب مثل هذا التصادم كارثيّةٌ لدرجة أنّه من الحكمة تقييم طبيعة التهديد، والاستعداد للتعامل معه. يجب أن تتضمّن الخطوة الأولى في أيّ برنامجٍ لمنع آثار الكوارث، أو تخفيفها، إجراء بحثٍ شاملٍ عن الكويكبات والمذنّبات التي تعبُر مدار الأرض، وتحليلٍ مفصّلٍ لمداراتها. بناءً على طلب الكونغرس الأمريكيّ، أجرت ناسا دراسةً أوليّةً لتحديد برنامجٍ لزيادة معدّل اكتشاف الأجسام التي تعبُر مدار الأرض، كما هو موثّقٌ في تقرير ورشة العمل. تاريخ النشر: 52 يناير 2991. (م).

انظر: NASA technical reports server (NTRS)

ممتلئٌ بالحفر أيضاً، وبالنسبة إلى مراقبٍ عاديٍّ فإنّه يبدو مشابهاً للقمر تماماً، ويُظهِر المسح الراديويّ الحديث لتضاريس كوكب الزهرة المغطّى بالغيوم الكثير من حفر الاصطدام أيضاً، والمرّيخ -مع تاريخه الجيولوجيّ النشِط- يُظهِر حفراً كبيرةً حديثة التشكّل.

بكتلته التي تتجاوز كتلة الأرض بثلاثمئة مرّة، وقطره الذي يزيد عن قطرها بأكثر من عشرة أضعاف، لا يوجد قدرةٌ في النظام الشمسيّ تضاهي قدرة المشتري على جذب الأجرام المصادِمة. في عام 1994، خلال أسبوع الاحتفال بالذكرى السنويّة الخامسة والعشرين لهبوط المركبة أبولو11 على سطح القمر، تمزّق المذنّب شوميكر-ليفي9 إلى أكثر من عشرين قطعة خلال دورانه قريباً من المشتري، واصطدمت قطع المذنّب، واحدةً تلو الأُخرى، بغلافه الجويّ، وأمكن رؤية آثار القطع المحترقة بسهولةٍ من الأرض باستخدام تلسكوب منزليّ، وبسبب سرعة دوران المشتري حول نفسه (دورة كل 10 ساعات)، فإنّ كلّ قطعةٍ من المذنّب وقعت في مكانٍ مختلف.

وفي حال كنت تتساءل، فإنّ كلّ قطعةٍ من قطع مذنّب شوميكر-ليفي9 تحمل طاقة اصطدام مكافئة لطاقة مذنّب تشيكسولوب الذي تسبّب بانقراض الديناصورات؛ لذا من المؤكّد أنّه لم يتبقّ أيّ ديناصورات على سطح المشتري!

يعجُّ سجلّ الأرض الأحفوريّ بالأنواع المنقرضة، وهي أشكال الحياة التي ازدهرت منذ مدّةٍ تسبق كثيراً مدّة حياة الإنسان العاقل على الأرض؛ توجد الديناصورات -التي تسبّب كويكبٌ بانقراضها- على هذه القائمة. ما الذي نملكه لنحمي أنفسنا من حوادث الاصطدام الهائلة هذه؟ سيطالب قسمٌ كبيرٌ ممّن ليس لديه حرب نوويّة ليخوضها بأنْ «تقصف هذه الأجسام بصواريخ نوويّة، وهي في السماء». في الحقيقة، الطاقة الأكثر فاعليّة بين القوى المدمِّرة التي عرفها الإنسان على الإطلاق حتّى الآن هي الطاقة النوويّة، وبالفعل، ضربة مباشرة على كويكبٍ قادمٍ إلى الأرض، وسينفجر إلى قطعٍ صغيرةٍ بما يكفي لتقليل خطر الصدمة من نيزكٍ قاتلٍ إلى مجموعةٍ غير مؤذية، وذات مظهرٍ مدهشٍ من الشهب! وبما أنّ الفضاء خالٍ ولا يحوي هواء، إذنْ، لا توجد أمواجٌ صدميّة، وبذلك على الرؤوس النوويّة أنْ تلامس الكويكب مباشرةً لتتمكّن من تدميره.

توجد نظريّةٌ أُخرى لاستعمال القنابل النيوترونيّة كثيفة الإشعاع (وهي القنابل التي تتسبّب بمقتل الناس بدون أن تهدم المباني) بطريقة تسخِّن فيها طاقة سيل النيوترونات العالية أحد جانبيّ الكويكب إلى درجة حرارةٍ كافيةٍ لتقذفه قليلاً، ما يؤدّي إلى انحراف الكويكب عن مسار الاصطدام.

وهناك طريقةٌ لطيفةٌ تقوم على دفع الكويكب عن مسار الاصطدام باستعمال صواريخ بطيئة، لكنْ قويّة، يمكن تثبيتها بطريقةٍ ما على أحد جوانب الكويكب، وإذا تمكّنا من تنفيذ هذه الطريقة في وقتٍ مبكرٍ بما فيه الكفاية، فما نحتاج إليه كلّه هو دفعٌ بسيطٌ للكويكب باستعمال الوقود الكيميائيّ التقليديّ.

إنْ صنّفنا الأجْرام كلّها التي تتقاطع مداراتها مع مدار الأرض ابتداءً من تلك التي بقطر كيلومتر واحد (والأكبر منها)، يمكن للحسابات المفصَّلة على الحاسوب التنبّؤ بمئات، أو آلاف حوادث الاصطدام المستقبليّة، ما يمنح أبناء الأرض وقتاً كافياً للقيام بعمليّة الدفاع المناسبة، لكنّ قائمتنا هذه للاصطدامات القاتلة المحتملة ناقصةٌ على نحوٍ يُرثى لها، والفوضى تُضعف -بشدّة- قدرتنا على التنبّؤ بسلوك الأجرام في ملايين ومليارات المدارات على المدى المستقبليّ.

في لعبة الجاذبيّة هذه، تُعدّ أكثر حوادث الاصطدام رعباً هي المذنّبات طويلة الأمد، التي عُدّت بالإجماع تلك التي تكمل دورتها بمراحل تزيد عن 200 عام. تمثّل هذه المذنّبات قرابة ربع الخطر الذي يحيط بالأرض من حوادث الاصطدام؛ حيث تسقط باتّجاه النظام الشمسيّ الداخليّ قادمةً من مسافاتٍ بعيدةٍ، وتصل إلى سرعةٍ تتجاوز 100,000 ميل في الساعة عند وصولها إلى الأرض، وبذلك تتفوّق هذه المذنّبات بطاقة تأثيرها بالنسبة إلى حجمها على كويكبٍ عاديٍّ، والأهمّ من ذلك، لا يمكن تعقّبها جيّداً؛ لأنّها تبقى خافتةً للغاية في معظم مدارها، وفي حال تمكّنّا من رصد مذنّبٍ طويل الأمد يتّجه نحو كوكب الأرض، سيكون لدينا وقتٌ يتراوح بين عدّة أشهرٍ وسنتين لتمويل، وتصميم، وبناء عمليّة اعتراض مساره وإطلاقها، مثلاً: في عام 1996، أُكتشف المذنّب هياكوتيك قبل أربعة أشهر فقط من اقترابه من الشمس؛ لأنّ مداره حُرِفَ بقوّةٍ من مستوى نظامنا الشمسيّ، تماماً في المكان الذي لم يكن ينظر إليه أحد، وفي طريقه، مرّ على بُعد 10 مليون ميل من الأرض، (وكان اصطداماً وشيكاً)، وصنع مشهداً ليليّاً رائعاً.

يمكنك أن تضع تذكيراً في التقويم لديك: يوم الجمعة 13 نيسان 2029، سيمرُّ كويكبٌ كبيرٌ بما يكفي ليملأ ملعب روز بول كما لو كان بيضةً في كوب، وسينخفض تحت ارتفاع الأقمار الصناعيّة. لم نُسمِّ هذا الكويكب بامبي[1] (كناية عن الغزال اللّطيف)، بل سُمّي أبوفيس، باسْم إله الظلام والموت المصريّ. في حال مرور أبوفيس عند الاقتراب الأكبر من الأرض بنطاقٍ ضيّقٍ من الارتفاعات يُعرف بـ «ثقب المفتاح»، فإنّ التأثير الدقيق للجاذبيّة الأرضيّة على مداره سيؤدّي إلى تغييرٍ طفيفٍ، لكنّ هذا التغيير سيضمن أنّه بعد 7 سنوات عند مروره الثاني عام 2036 سيضرب الأرض مباشرةً، وستقع الضربة في المحيط الهادئ بين كاليفورنيا وهاواي، وستتسبّب

(1) اسم الغزال من فيلم ديزني الشهير الذي يحمل الاسم نفسه. (م).

أمواج المدّ العملاقة بمَحو الساحل الغربيّ لأمريكا الشماليّة بالكامل، وغرق هاواي، وتدمير الكتل الأرضيّة جميعها على حافّة المحيط الهادئ، لكنْ إن لم يدخل أبوفيس في نطاق «ثقب المفتاح» عند مروره عام 2029، فلا يوجد ما يدعو للقلق في عام 2036.

هل علينا بناء صواريخ عالية التقنيّة نبقيها في أماكنها بانتظار أن ندعوها للدفاع يوماً ما عن الجنس البشري؟ نحتاج أوّلاً إلى جردٍ مفصّلٍ لمدارات الأجرام جميعها التي تشكّل خطراً على الحياة على كوكب الأرض. يبلغ عدد الأشخاص المشاركين في هذا العمل حول العالم بضع عشرات، لكنْ إلى متى سنبقى على الأرض ونحاول حمايتها؟ إذا انقرض البشر ذات يومٍ بسبب حادث اصطدامٍ فضائيٍّ كارثيٍّ، فلن تكون هناك مأساةٌ أكبر من ذلك في تاريخ الحياة في الكون، ليس لأنّنا نفتقد القوّة الذهنيّة اللازمة لحمايتنا، بلْ لأنّنا نفتقد إلى البصيرة، وقد يتساءل أفراد الأنواع الحيّة التي ربّما تحلّ مكاننا على الأرض بعد الكارثة، وهُم ينظرون إلى هياكلنا العظميّة في متاحفهم للتاريخ الطبيعيّ، ألم يستطع الكائن العاقل ذو الدماغ الكبير أن يفعل أكثر ممّا فعلت الديناصورات ذات الأدمغة الضئيلة؟

- 30 -

نهايات العالَم



يبدو أحياناً أنّ الجميع يحاولون إخبارك متى وكيف سينتهي العالم. بعض السيناريوهات مألوفة أكثر من غيرها، وتتضمّن هذه السيناريوهات التي تُعرض كثيراً في وسائل الإعلام مرضاً مُعدياً متفشّياً، أو حرباً نوويّةً، أو اصطداماً بالكويكبات، أو المذنّبات، أو الدمار البيئيّ، وباختلافها عن بعضها تؤدّي جميعاً إلى فناء الجنس البشريّ على الأرض (وربّما بعض أشكال الحياة الأُخرى). في الواقع، إنّ شعاراً مبتذلاً مثل «أنقذوا الأرض» يتضمّن نداءً لإنقاذ الحياة على الأرض، وليس الكوكب نفسه، ولا يمكن للبشر قتل كوكب الأرض في الحقيقة، وسيبقى الكوكب يدور حول الشمس مع إخوته الكواكب حتّى بعد انقراض الجنس البشريّ لأيّ سببٍ كان.

بالمقابل، نادراً ما يتحدّث أحدٌ عن سيناريو نهاية العالَم، الذي في الواقع، يعرّض حرارة كوكبنا للخطر، وهي ضمن مدارها المستقرّ لكوكبنا حول الشمس. أقدّم الافتراضات الآتية ليس لأنّ عُمْر الجنس البشريّ قد يمتدّ ليشهد أحداثاً كهذه، بلْ لأنّ أدوات الفيزياء الفلكيّة تمكّننا من حسابها، وتقدير زمن حدوثها. الافتراضات الثلاثة التي تخطر في البال هي: موت الشمس، أو الاصطدام الوشيك بين مجرّتنا درب التبّانة وبين مجرّة أندروميدا، أو موت الكون، التي أجمع عليها مؤخّراً مجتمع علماء الفيزياء الفلكيّة.

تشبه نماذج الحاسوب للتطوّر النجميّ الجدول الأكتواري[1]، وتشير بالنسبة إلى شمسنا، إلى متوسّط عُمْرٍ يبلغ 10 مليارات سنة. في عمر 5 مليارات سنة، سيكون أمام الشمس 5 مليارات سنة أُخرى من الإنتاج المستقرّ نسبيّاً للطاقة، وبعد ذلك الوقت، إنْ لم نكن قد اكتشفنا طريقةً

(1) العِلم الأكتواري، أو عِلم إحصائيّات التأمين: هو مبحثٌ علميٌّ يستعمل الطرائق الحسابيّة والإحصائيّة لتقدير حجم المخاطر في قطاع التأمين والصناعات الماليّة. (م).

لمغادرة كوكب الأرض، سنشهد استنفاد الشمس لمخزونها من الوقود، وسنشهد عرضاً رائعاً ومميتاً في الحلقة الأخيرة من حياة نجمنا.

تدين الشمس باستقرارها إلى الاندماج المُتحكَّم به للهيدروجين لينتج الهيليوم في قلبها الذي تصل درجة حرارته إلى 15 مليون درجة، وتوازن قوى ضغط الغاز المدعوم بالاندماج قوى الجاذبيّة التي تسعى لانهيار النجم على نفسه، وفي حين أنّ أكثر من 90% من ذرّات الشمس هي ذرّات هيدروجين، فإنّ الذرّات المهمّة تكمن في نواة الشمس. عندما يُستنفَد الهيدروجين، فإنّ ما يبقى كلّه في نواة النجم هو كرة من ذرّات الهيليوم، التي تحتاج إلى درجة حرارةٍ أعلى لتندمج بعناصر أثقل، مع التوقّف المؤقّت للمحرّك المركزيّ، تفقد الشمس توازنها، وتفوز قوى الجاذبيّة ويبدأ الانهيار الذي يتسبّب بارتفاع درجة الحرارة في المركز إلى 100 مليون درجة، ما يؤدّي إلى بدء عمليّةٍ جديدةٍ من الاندماج، حيث تندمج نوى الهيليوم إلى كربون.

يتسبّب ما سبق بتزايد سطوع الشمس في الفضاء على نحوٍ هائلٍ! ما سيفرض على طبقاتها الخارجيّة أن تتوسّع وتتمدّد إلى مسافاتٍ هائلة! وتنتفخ الشمس في الفضاء غامرةً عطارد والزهرة، وفي نهاية المطاف، ستنتفخ الشمس لتستوعب مدار كوكب الأرض، ويؤدّي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض إلى 3,000 درجة بما يكافئ درجة حرارة الطبقات الخارجيّة للشمس المنتفخة؛ ستغلي محيطاتنا، وتتبخّر في الفضاء بين الكواكب، وسيتبخّر غلافنا الجويّ، بينما تصبح الأرض جمرةً حمراء متفحّمةً تدور عميقاً في الطبقات الغازيّة الخارجيّة للشمس، وتتسبّب هذه الطبقات بإعاقة الدوران، فيسير كوكب الأرض في دوّامة موتٍ سريعةٍ باتّجاه قلب الشمس، ومع غرق كوكبنا في مركز الشمس، ستبخّر درجة الحرارة المستمرّة بالارتفاع كلّ أثرٍ له، وبعد ذلك بوقتٍ قصيرٍ، ستتوقّف عمليّة الاندماج النوويّ في الشمس؛ ستفقد غلافها الغازيّ الهشّ الذي يحوي ذرّات الأرض المتناثرة؛ وسيبقى مركزها الميّت مكشوفاً في الفضاء.

لكنْ لا داعي للقلق، سننقرض بالتأكيد لسببٍ ما قبل أن يحدث هذا السيناريو الرهيب بوقتٍ طويل.

بعد أن ترهب الشمسُ كوكبَ الأرض بوقتٍ قصيرٍ، ستواجه مجرّة درب التبّانة بأكملها بعض المشكلات، ومن بين مئات الآلاف من المجرّات التي قيست سرعتها بالنسبة إلى درب التبّانة، هناك عددٌ قليلٌ يتحرّك نحونا بينما يتحرّك الباقي بعيداً بسرعةٍ مرتبطةٍ مباشرةً ببُعدها عنّا. في العشرينيّات من القرن الماضي، اكتشف أدوين هابل -الذي سُمّي تلسكوب هابل الفضائي باسْمه- أنّ انحسار المجرّات هو العلامة المرصودة لتوسّع كوننا. إنّ مجرّة درب التبّانة ومجرّة

أندروميدا قريبتان من بعضهما إلى درجةٍ كافيةٍ ليكون تأثير توسّع الكون ضئيلاً على حركتيهما النسبيّة. إنّ المجرّتين تنجرفان باتّجاه بعضهما بسرعةٍ تقارب 100 كيلومتر في الثانية (ربع مليون ميل في الساعة). بإضافة معدّل السرعة هذا إلى احتمال أنّ السرعة الجانبيّة -المجهولة بالنسبة إلينا- لمجرّتنا صغيرة، ستنخفض المسافة التي تفصلنا عنها من 2.4 مليون سنة ضوئيّة الآن إلى الصفر بعد قرابة 7 مليارات سنة.

الفضاء البينجميّ شاسعٌ جدّاً، وفارغٌ إلى درجةٍ تدعو إلى عدم القلق من اصطدام نجوم مجرّة أندروميدا بالشمس، وخلال التحام المجرّتين، الذي سيكون مشهداً رائعاً على بُعد مسافةٍ آمنةٍ، غالباً ستمرّ النجوم بجانب بعضها، لكنّ الحدث لن يكون آمناً تماماً، ويمكن لمرور بعض نجوم أندروميدا بقرب نظامنا الشمسيّ، أن يؤثّر على مدارات الكواكب ومئات المليارات من المذنّبات والكويكبات في النظام الشمسيّ الخارجيّ؛ حيث يمكن لتحليقٍ نجميٍّ قريبٍ أن يؤثّر على استقرار الجاذبيّة. تُظهِر عمليّات المحاكاة الحاسوبيّة أنّ الكواكب يمكن أن «تُسرق» بسبب تحليقٍ نجميٍّ قريبٍ متطفّلٍ، أو أنْ تفقد أيّ ارتباطٍ بأيّ نجمٍ، وتُقذف هائمة في الفضاء بين الكواكب.

هل تذكر غولديلوكس وانتقاءها لطبق الحساء الصحيح في القسم 4؟ إن سُرقت الأرض بجاذبيّة نجمٍ آخر، فلا يوجد أيّ ضمانٍ لأنْ يكون المدار الجديد لكوكبنا في المنطقة الصحيحة للحفاظ على الماء سائلاً، وهو الشرط الذي نتّفق عليه عموماً للحفاظ على الحياة كما نعرفها، فإذا كان المدار الجديد قريباً من النجم سيتبخّر الماء، وإن كان بعيداً سيتجمّد.

إذا نجح سكّان الأرض، من خلال معجزةٍ تكنولوجيّةٍ مستقبليّةٍ، من إطالة عُمْر الشمس، فإنّ هذه الجهود لن تكون مفيدةً إذا انجرفت الأرض في أعماق الفضاء البارد، وسيؤدّي اختفاء مصدرٍ قريبٍ للطاقة إلى انخفاض درجة حرارة الأرض بسرعة إلى مئات الدرجات تحت الصفر، وسيتحوّل النيتروجين، والأكسجين، والغازات الأُخرى في غلافنا الجويّ العزيز إلى سوائل أوّلاً، ثمّ ستسقط إلى الأرض قطعاً متجمّدةً صلبة، لتحيط بالكوكب مثل كعكةٍ متجمّدة؛ سنموت متجمّدين من البرد قبل أن نموت من الجوع. آخر الكائنات الحيّة التي ستبقى على الأرض هي الكائنات التي ستتمكّن من التطوّر إلى عدم الاعتماد على طاقة الشمس، بل على ما سيُعرف حينها بالطاقة الحراريّة الأرضيّة والجيوكيميائيّة الضعيفة، عميقاً تحت السطح، في شقوق وأخاديد القشرة الأرضيّة؛ الآن، ليس البشر من ضمن هذه الكائنات.

لا توجد الآن إلّا طريقة واحدة للهروب من هذا المصير، وهي ركوب سفن فضائيّة مزوّدة

بمحرّكات الاعوجاج[1]، ومثل السرطان الناسك، أو الحلزون؛ نحمل منازلنا ونبحث عن كوكبٍ آخر في المجرّة ندعوه وطناً.

مع محرّك الاعوجاج، أو بدونه، قَدَر الكون أمرٌ لا يمكننا منع حدوثه، أو الهروب منه، فأينما اختبأت، ستظلّ جزءاً من كونٍ يسرع باتّجاه فَناءٍ غريبٍ، وأفضل الدلائل وأحدثها على المصير الفضائيّ للمادّة والطاقة، مع معدّل توسّع الكون، تقترح أنّنا في رحلةٍ بلا عودة: الجاذبيّة الكليّة لكلّ شيءٍ في الكون غير كافيةٍ لإيقاف وعكس عمليّة توسّع الكون.

الوصف الأكثر نجاحاً للكون وأصلِه يجمع بين نظريّة الانفجار العظيم مع فهْمنا المعاصر للجاذبيّة، وهو مستمدٌّ من نظريّة أينشتاين النسبيّة العامّة، كما سنرى في القسم 7، كان الكون المبكّر عبارة عن اضطّرابٍ هائلٍ من المادّة الممزوجة بالطاقة بدرجة حرارةٍ تصل إلى تريليون درجة، وخلال 14 مليار سنة من التوسّع الذي تلا الانفجار، انخفضت درجة حرارة الخلفيّة الكونيّة إلى أقلّ من 2.7 درجة على مقياس كلفن المطلق، ومع التوسّع المستمرّ للكون، ستستمرّ درجة الحرارة بالانخفاض لتصل إلى الصفر المطلق.

لا تؤثّر درجة حرارة الخلفيّة الكونيّة على الأرض على نحوٍ مباشرٍ؛ لأنّ شمسنا تمنحنا -بطبيعة الحال- حياةً دافئةً مريحةً، لكنْ مع كلّ جيلٍ جديدٍ من النجوم يولد من السُّحُب الغازيّة البينجميّة؛ يتناقص الغاز المتبقّي لتكوين الجيل التالي، ومصير الغاز الثمين هذا هو النفاد، وهو ما حصل بالفعل في نصف مجرّات الكون تقريباً. بالنسبة إلى النجوم القليلة ذات الكتل الأضخم، فإنّها ستنهار تماماً ولن تُرى مجدّداً. تموت بعض النجوم ناشرةً مكوّناتها في الفضاء بحوادث انفجار «مُستعِرات عُظمى»، ما يمكن لهذا الغاز العائد إلى السُّحُب أن يسْهم في تشكيل جيل النجوم التالي، لكنّ معظم النجوم -بما فيها الشمس- سيكون مصيرها نفاد الوقود في مراكزها، وبعد أن يتحوّل كلٌّ منها إلى عملاقٍ أحمر، ستنهار وتنضغط في جسمٍ من المادّة الذي يشعّ حرارته الضعيفة في الكون المتجمّد.

تتضمّن قائمة الجثث الكونيّة أسماء مألوفة، هي: ثقوب سوداء، نجوم نابضة (البُلسارات)، وأقزام بيضاء، وهي نهاياتٌ مختلفةٌ في شجرة تطوّر النجوم، لكنّ ما تتشارك به هو أنّها تشكّل

(1) مشغّل ألكوبيير، أو محرّك الاعوجاج، أو الانحناء: هو تقنيّةٌ تسمح بالسفر في الفضاء بسرعاتٍ تفوق سرعة الضوء، حيث يعمل المحرّك على تصنيع فقاعةٍ تُحدِث اعوجاجاً في نسيج الزمكان، ما يسمح للكائن الذي يوجد في داخلها بالسفر إلى مسافةٍ أكبر، وبوقتٍ أقصر، وقد بدأت هذه الفكرة أساساً من تصنيع محرّك اعوجاج كجزءٍ من سفينة Star Ship Enterprise في سلسلة الخيال العلميّ (ستار تريك). (م).

قفلاً أبديّاً على الموادّ التي تسْهم في تشكيل الجيل التالي من النجوم، بكلماتٍ أُخرى: إذا خَبَت النجوم، ولم تحلّ مكانها نجومٌ مولودةٌ جديدةٌ، سيصبح الكون خالياً من النجوم الحيّة.

ماذا عن الأرض؟ نعتمد على الشمس كمصدرٍ للحياة. إذا انقطعت مصادر الطاقة من الشمس والنجوم الأُخرى كلّها في الكون، ستُسدل الستارة على العمليّات الميكانيكيّة والكيميائيّة التي تعتمد عليها (بما فيها الحياة)، وفي نهاية المطاف، تضيع الطاقة الحركيّة بالكامل؛ بسبب الاحتكاك، ويصل الكون بأكمله إلى درجة حرارةٍ واحدةٍ وموحَّدة، وستقبع الأرض، بسماءٍ خاليةٍ من النجوم، في الكون المتوسّع المتجمّد، وستبرد الأرض، كما تبرد فطيرةٌ طازجةٌ عندما نضعها على حافّة النافذة، ولن تواجه الأرض هذا المصير وحْدها؛ فبعد تريليونات السنين في المستقبل، عندما تفنى النجوم كلّها، وتنتهي العمليّات كلّها في كلّ زاويةٍ وركنٍ من الكون المتوسّع، ستنخفض درجة حرارة الكون كلّه لتطابق درجة حرارة الخلفيّة الكونيّة، عندها، لن يقدِّم لنا السفر في الفضاء أيّة فرصةٍ للنجاة؛ لأنّ الجحيم ذاته أصبح متجمّداً.

عندها يمكننا القول: «وهكذا ينتهي الكون، ليس بصرخةٍ مدوّيةٍ، إنّما بأنين»[1].

(1) اقتباس مشهور من قصيدة ت.س.إليوت «الرجال الجوف»، أو «الخاوون». (م).

- 31 -

محرِّك المجرَّة

المجرَّات أجرامٌ عظيمةٌ بالمقاييس كلّها، وهي المسؤولة عن تنظيم المادّة المرئيّة في الكون، ويضمّ الكون مئة مليار منها، وكلّ منها يضمّ مئات المليارات من النجوم. تتعدّد أشكالها من حلزونيّةٍ إلى بيضويّةٍ، أو غير منتظمة، ومعظمها تظهر رائعةً في الصور، ومعظمها تطير وحيدةً في الفضاء، بينما تدور مجرَّاتٌ أُخرى في أزواجٍ مرتبطةٍ ببعضها بقوى الجاذبيّة، أو في عائلةٍ مجرّيّةٍ، أو عناقيد، أو عناقيد فائقة.

أدّى التنوّع الشكليّ للمجرَّات إلى استعمال الكثير من أنواع مخطَّطات التصنيف المتوفّرة لدى علماء الفيزياء الفلكيّة، إحدى هذه التنوّعات هي «المجرّة النشيطة»، التي تبعث الطاقة بكميّةٍ غير عاديّةٍ في حزمةٍ ضوئيّةٍ، أو أكثر من مركزها، ومركز المجرّة هو المكان الذي تجد فيه محرِّكها؛ المركز هو المكان الذي تجد فيه ثقباً أسْود فائق الكتلة.

تظهر المجموعة الغنيّة من تصنيفات المجرَّات النشيطة كقائمةٍ تتّسم بالتنوّع والفوضى: مجرَّات الانفجار النجميّ، ومجرَّات بِل لاسِرتا، ومجرَّات سيفرت (النوعان: الأوّل، والثاني)، والبلازارات[1]، ومجرّات النوع N (ضعيفة السطوع المركزي)، ومجرَّات لاينر[2] (منطقة انبعاث خطّي نوويّ منخفض التأيُّن)، ومجرَّات تحت الحمراء، والمجرَّات الراديويّة، وبالطبع ملكة

---

(1) البلازارات blazars: هي نوى مجريّة نشطة يكون أحد تدفّقاتها النسبيّة متّجهاً نحو الأرض، بحيث يكون الإصدار الذي نرصده مُهيمَناً عليه من قِبل ظواهر تحصل في منطقة التدفّق، ومن بين النوى المجريّة النشطة كلّها، تقوم البلازارات بإصدار المجال الأوسع من التردّدات، وكُشفت ترددّاتٌ خاصّةٌ بها تمتدّ من المجال الراديويّ حتّى أشعّة غاما.

(2) LINER، (Low Ionization Nuclear Emission-line Region)

المجرّات النشيطة؛ الكوازارات[1]، وتستمدّ هذه المجرّات السطوع الاستثنائيّ من النشاط الغامض في المنطقة الصغيرة القابعة في أعماق مراكزها.

أُكتشفت الكوازارات (أو أشباه النجوم) في أوائل الستينيّات، وهي الأكثر غرابةً بين الأنواع السابقة. يسطع بعضها أقوى بألف مرّةٍ من مجرّة درب التبّانة، ومع ذلك تصدر طاقتها من منطقةٍ لا يتجاوز حجمها حجم مدارات الكواكب في نظامنا الشمسيّ. أقرب كوازار إلينا يبعد قرابة 1.5 مليار سنة ضوئيّة عنّا؛ أي: إنّ ضوءها سافر 1.5 مليون سنة في الفضاء ليصل إلينا، ومعظم الكوازارات تبعد أكثر من 10 مليارات سنة ضوئيّة، وبحجمها الصغير، وبُعدها الكبير، يصعب تمييزها في الصور الفوتوغرافيّة عن النقاط الضوئيّة التي تمثّل النجوم المحليّة في مجرّة درب التبّانة، ما يجعل تلسكوب الضوء المرئيّ عديم الفائدة تماماً في اكتشافها. أُكتشفت الكوازارات الأولى في الواقع باستعمال التلسكوب الراديويّ، وبخلاف النجوم، يبعث الكوازار كميّةً غزيرةً من أمواج الراديو؛ لذا عند رصده بتلسكوب راديويّ تبيّن أنّه جرمٌ من نوعٍ جديدٍ، لكنّه يتنكّر بهيئة نجم. وفي تقليدنا لابتكار أسماء الأجرام الفلكيّة -حيث نسمّي الشيء كما نراه- دُعي الجرْم الجديد «مصدراً راديويّاً شبه نجميّ، أو اختصاراً: «كوازار».

إنّ قدرة الإنسان على وصف وفهْم ظاهرةٍ جديدةٍ محدودةٌ دائماً بمجموعة الأدوات العلميّة والتكنولوجيّة السائدة؛ إذا أخذتَ شخصاً من القرن الثامن عشر في رحلةٍ قصيرةٍ في القرن العشرين وعدتَ به إلى عصره، سيصف السيّارة بأنّها عربة خيولٍ بدون خيول، وسيصف المصباح الكهربائيّ على أنّه شمعةٌ بدون لهب، بدون المعرفة بمحرّكات الاحتراق الداخليّ، أو الكهرباء، سيكون الفهْم الحقيقيّ محدوداً بالفعل، وبهذه المقدّمة التي تتضمّن إعفاء من المسؤوليّة، اسمح لي أنْ أعلن لك أنّنا نعتقد أنّنا نفهم المبادئ الأساسيّة لعمل الكوازار. فيما أصبح يُعرف بـ«النموذج القياسيّ»، يُفترض أنّ الثقوب السوداء هي المحرّك في الكوازارات، وفي جميع المجرّات النشطة، ويكون تركيز المادّة كبيراً للغاية داخل حدود الثقب الأسْود من الزمان والمكان؛ أي: ما يُعرف بـ«أفق الحدث»، لدرجة أنّ السرعة اللازمة للهروب منه تتجاوز سرعة الضوء، وبما أنّ سرعة الضوء هي الحدُّ الكونيّ، فسقوطك في ثقبٍ أسْود سيكون أبديّاً، حتّى لو كنت مصنوعاً من الضوء.

يمكن أن تتساءل: كيف يمكن لشيءٍ لا يستطيع الضوء الهروب منه أن يغذّي في الوقت

---

(1) الكوازارات Quazars، أو Quasi-Stellar Radio Sources: هي مجرّاتٌ راديويّةٌ تسطع نواها على نحوٍ يفوق سطوع النجوم كلّها بعامل يقع بين 10 إلى 1000. قد يصل سطوع الكوازارات إلى قرابة 10^12 ضعف سطوع القمر؛ وهي غالباً أبعد من مجرّات سيفرت، أو البلازارات. (م).

ذاته شيئاً آخر يصدر ضوءاً أقوى من أيّ شيءٍ نعرفه في الكون؟ في أواخر الستينيّات، وأوائل السبعينيّات، لم يستغرق علماء الفيزياء الفلكيّة وقتاً طويلاً لاكتشاف أنّ الخصائص الغريبة للثقوب السوداء تضيف أموراً مهمّةً لمجموعة أدواتهم العلميّة والتكنولوجيّة، ووفقاً لبعض قوانين الجاذبيّة في الفيزياء، بينما تنسحب الموادّ الغازيّة -كما يجري الماء قمعيّاً في دوّامةٍ في حوض المغسلة- إلى داخل الثقب الأسود، يجب أن تسخن المادّة وتشعّ بشدّة قبل أن تهبط عبر أفق الحدث، وتأتي الطاقة من التحويل الفعّال للطاقة الكامنة في الجاذبيّة إلى حرارة.

على الرغم من أنّها ليست فكرةً مألوفةً منزليّاً، إلّا أنّنا جميعاً شهدنا تحوّل الطاقة الكامنة في الجاذبيّة في وقتٍ ما في حياتنا الأرضيّة. في كلّ مرّةٍ يقع صحن على الأرض وينكسر، أو يقع شيء ما من النافذة ويتناثر على الأرض في الأسفل، نشهد قوّة الطاقة الكامنة في الجاذبيّة، وهي ببساطة طاقة غير مُستغلّة تمنحها للجسم المسافةُ التي تفصله عن أيّ ما يمكن أن يصطدم به في حال سقوطه، وعندما يسقط جسمٌ ما، فإنّه يكتسب على نحوٍ طبيعيٍّ سرعةً ما، لكنْ إذا أوقف شيء ما السقوط، فإنّ الطاقة كلّها التي اكتسبها الجسم تتحوّل إلى نوعٍ من الطاقة التي تكسر الأشياء وتحطّمها؛ هذا هو السبب الحقيقيّ في أنّ احتمال موتك في حال قفزت من مبنى عالٍ أكبر منه في حال قفزك من مبنى منخفض.

إذا منع شيءٌ ما الجسم من اكتساب سرعةٍ في أثناء سقوطه، عندها ستكشف الطاقة الكامنة المتحوّلة عن نفسها بطريقةٍ أُخرى، عادةً في شكل حرارة، ومن الأمثلة الجيّدة على ذلك: ارتفاع درجة حرارة المركبات الفضائيّة والنيازك في أثناء سقوطها واحتكاكها بالغلاف الجويّ للأرض؛ فهي تسعى لتزيد سرعتها بفعل الجاذبيّة، لكنّ مقاومة الهواء تمنعها، وفي تجربةٍ مشهورةٍ، ابتكر الفيزيائيّ الإنجليزيّ جيمس جول جهازاً يهدف إلى إثبات أنّ مقداراً محدّداً من القوّة الميكانيكيّة تنتج مقداراً محدّداً من الحرارة، ويعمل الجهاز على سقوط ثِقلٍ محدّدٍ من ارتفاعٍ محدّدٍ، ما يؤدّي إلى تدوير مروحةٍ في حوضٍ من الماء، يؤدّي الاحتكاك الناتج عن دوران المروحة إلى تسخين الماء؛ أي: إنّ الطاقة الكامنة في الثِقل تنتقل إلى الماء الذي يُسخّن بنجاح. يصف جول تجربته كما يلي:

> تتحرك المروحة بمقاومةٍ كبيرةٍ في حوض الماء، وتسقط الأثقال (كل منها أربعة أرطال) بمعدّلٍ بطيءٍ يبلغ قرابة قدمٍ في الثانية (0.3 م/ثا)، وارتفاع البكرات عن الأرض 12 ياردة، وهكذا تعود الأثقال مرّةً أُخرى بعد سقوطها من هذه المسافة لكي تستمرّ المروحة بالدوران، وبعد تكرار العمليّة 16 مرّة، جرى التأكّد من ارتفاع درجة حرارة الماء باستعمال مقياس حرارةٍ دقيقٍ وحسّاس... لذا أستنتج وجود تكافؤٍ بين الحرارة والأشكال العاديّة

للقوّة الميكانيكيّة... في حال صواب رأيي، سترتفع درجة حرارة المياه في حوض شلّالات نياغرا نحو خُمس درجة بعد سقوطها من ارتفاع 160 قدماً. (Shamos، 1959، ص170)

يشير جول في تجربته إلى شلّالات نياغرا، لكنْ لو عرف الثقوب السوداء لقال: «في حال صواب رأيي، فإنّ حرارة دوَّامة الغاز التي يجري مركزها داخل ثقبٍ أسْود سترتفع مليون درجةٍ عند سقوطها مليارات الأميال».

كما قد تتوقّع، تتمتّع الثقوب السوداء بشهيّةٍ كبيرةٍ لابتلاع النجوم التي تمرّ قربها. المفارقة في المحرّكات المجرّيّة هذه أنّ عليها أن تأكل لتشعّ، ويكمن سرّ تشغيلها في قدرة الثقب الأسْود على تمزيق النجوم بقسوةٍ قبل عبورها إلى أفق الحدث، وتؤثّر القوى المدّيّة لجاذبيّة الثقب الأسْود على النجوم الكرويّة، وتسبّب تطاولها بالطريقة نفسها التي تؤثّر فيها قوى جاذبيّة القمر على محيطات الأرض، فتسبّب تطاولها لتصنع أمواج المدّ والجزْر. لا يمكن للغاز الذي كان جزءاً سابقاً من النجم (وربّما السُّحُب الغازيّة العاديّة) أنْ يكتسب سرعةً ببساطةٍ ويسقط في الثقب الأسْود؛ فالغاز الناتج عن النجوم الممزّقة سابقاً يعيق بقوّةٍ السقوط الحُرّ للغاز الجديد في الثقب الأسْود. ما النتيجة من ذلك؟ تتحوّل الطاقة الكامنة للجاذبيّة في النجم إلى مستوياتٍ هائلةٍ من الحرارة والإشعاع، وكلّما ازدادت جاذبيّة الجرْم الهدف للثقب الأسْود، ازدادت الطاقة الكامنة للجاذبيّة القابلة للتحوّل إلى حرارةٍ وإشعاع.

نظراً إلى الكلمات الغنيّة التي يمكن أن تصف المجرّات الغريبة، قام جيرارد دو فوكولير (1983)، وهو عالِم مورفولوجي (علم الأشكال)، بتذكير علماء الفلك بأنّ «السيّارة التي تتحطّم لا تصبح فجأةً نوعاً آخر من السيّارات». حطام السيّارة الفلسفيّ هذا أدّى إلى نموذجٍ قياسيٍّ للمجرّات النشيطة وحّد أنواعها العديدة. زُوِّدَ النموذج بما يلزم لتوضيح معظم الخصائص الأساسيّة الملحوظة. مثلاً: تأخذ دوّامة الغاز المنحدرة شكل قرصٍ غير شفّافٍ يدور قبل أن يدخل أفق الحدث. إنْ لم يستطع تدفّق الإشعاع الخارج من اختراق هذا القرص الغازيّ المتراكم، فإنّ الإشعاع سيتطاير من فوق القرص، ومن تحته؛ لينتج فيضاً هائلاً من الطاقة والمادّة. تكون الخصائص الملاحظَة للمجرّة مختلفةً إنْ كان فيض المجرّة المقذوف يشير إليك، أو جانبيّاً بالنسبة إليك، أو إنْ كانت الموادّ المقذوفة تتحرّك ببطءٍ، أو بسرعةٍ قريبةٍ من سرعة الضوء، كما يتأثّر مظهر القرص بسماكته وتركيبه الكيميائيّ، وبمعدّل النجوم التي يستهلكها.

تحتاج مجرّةٌ من نوع كوازار بصحّةٍ جيّدةٍ إلى أنْ يلتهم ثقبها الأسْود ما يصل إلى عشرة نجوم في السنة. تمزّق المجرّات الأُخرى الأقلّ نشاطاً في قائمتنا السابقة عدداً أقلّ من النجوم سنويّاً، ويختلف سطوع العديد من الكوازارات خلال أيّام، وأحياناً خلال ساعات. اسمح لي أن أخبرك عن

مدى غرابة هذا الأمر. إذا كان الجزء النشط من كوازار بحجم مجرّة درب التبّانة (100,000 سنة ضوئيّة)، وسَطَعَ كلّه في لحظةٍ واحدةٍ، ستشاهد الحدث من جانب المجرّة الأقرب إليك، ثمّ بعد مرور 100,000 سنة سيكون قد وصل إليك آخر جزءٍ من ضوء مجرّة الكوازار، وبكلماتٍ أوضح: سيحتاج الأمر 100,000 سنة لترى الكوازار يضيء بالكامل؛ أمّا وجود كوازار يتغيّر سطوعه خلال ساعات، كما ذكرنا، يعني أنّ أبعاد محرّك المجرّة الذي نراقبه لا يمكن أن تكون أكبر من ساعاتٍ ضوئيّةٍ؛ أي: يقارب حجم النظام الشمسيّ.

يمكن استنتاج بُنيةٍ ثلاثيّة الأبعاد زاخرة بالمعلومات عن المادّة المحيطة بالكوازار، من خلال التحليل الدقيق لتقلّبات الضوء المرصودة على النطاقات جميعها، مثلاً: ربّما يتغيّر سطوع الأشعّة السينيّة على مقياسٍ زمنيٍّ لساعات، بينما يتغيّر الضوء الأحمر على مدار أسابيع، وتتيح لك هذه المقارنة أن تستنتج أنّ الجزء الذي يُصدر الضوء الأحمر في المجرّة النشيطة أكبر بكثيرٍ من الجزء الذي يُصدر الأشعّة السينيّة، ويمكن لتطبيق هذا التحليل على عدّة نطاقاتٍ من الأشعّة أن يزوّدنا بالكثير من المعلومات للوصول إلى صورةٍ كاملةٍ للنظام الذي ندرسه.

كما ذكرنا سابقاً، فإنّ أقرب كوازار يبعد عنّا قرابة 1.5 مليار سنة ضوئيّة، فنحن نرى الآن ما حدث في الماضي البعيد للكون. إنْ كان هذا النشاط حدث في مرحلة الكون المبكّر، فما سبب توقّفه عن الحدوث الآن؟ لِمَ لا توجد كوازارات راهنة (نرصدها قريباً من مجرّتنا)؟ هل تختبئ كوازارات ميتة تحت ناظرنا من دون أن نراها؟

تتوفّر لهذه الأسئلة تفسيرات جيّدة، الأكثر وضوحاً منها هو أنّ مركز المجرّات الراهنة استهلك النجوم كلّها التي يمكن إطعامها للمحرّك، بعد أن ابتلع النجوم كلّها التي اقتربت مداراتها من الثقب الأسْود. لا مزيد من الغذاء؛ إذنْ، لا مزيد من السطوع المذهل.

هناك آليّةٌ تتسبّب بإغلاق محرّك الكوازار، تأتي هذه الآليّة ممّا يحدث لقوى المدّ والجزْر، بينما يزداد نموّ كتلة الثقب الأسْود (وأفق الحدث). كما سنرى لاحقاً في هذا القسم، ليس لأمواج المدّ والجزْر علاقة بالجاذبيّة الكليّة التي تُطبَّق على جسمٍ ما، ما يهمّ حقّاً هو الاختلاف في الجاذبيّة خلال الجسم، التي تتزايد كثيراً كلّما اقتربنا من مركزه. إذنْ، قوى المدّ والجزْر للثقوب السوداء ذات الكتلة الضخمة أقلّ منها للثقوب السوداء الأصغر كتلة، لا لغز هنا؛ جاذبيّة الشمس للأرض أكبر بكثيرٍ من جاذبيّة القمر لها، إلّا أنّ قرب القمر يمكّنه من التسبّب بقوى المدّ والجزْر للمحيطات لأنّه يقع على بُعد 240,000 ميل فقط.

إذنْ، من الممكن أنْ يأكل الثقب الأسْود كثيراً إلى درجةٍ يكبر فيها أفق الحدث الخاصّ به، ولا تعود قوى المدّ والجزْر كافيةً لتمزيق نجم، وعندما يحدث هذا، تتحوّل طاقة الجاذبيّة

الكامنة للنجم كلّها إلى سرعةٍ، ويُبتلع النجم بأكمله عندما يغرق بعد أفق الحدث؛ أي: لا مزيد من التحوّل إلى حرارةٍ وإشعاعٍ؛ تحدث هذه الآليّة، التي تشبه صمّام الإغلاق، للثقوب السوداء التي تتجاوز كتلتها كتلة الشمس نحو مليار مرّة.

إنّ هذه لأفكارٌ قويّةٌ بالفعل، وتزيد من غِنى مجموعة الأدوات العلميّة والتكنولوجيّة المتوفّرة لدينا. تتنبأ الصورة الموحَّدة للكوازارات وغيرها من المجرّات النشيطة أنّها مجرّد فصولٍ مبكّرةٍ من حياة نوى المجرّات، ولكي يَصحّ ذلك، يجب أن تكشف صور الكوازارات وجود الضباب المحيط الذي يدلّ على المجرّة المُضيفة، يشبه التحدّي في رصد هذا الضباب تحدّي اكتشاف كواكبَ مخبّأة في وهج نجمها المُضيف. إنّ الكوازار أكثر سطوعاً بكثير من المجرّة المحيطة به؛ لذا يجب استعمال تقنيّات إخفاء خاصّة للكشف عن أيّ شيءٍ حوله. بالتأكيد، تكشف الصور عالية الدقّة جميعها للكوازارات تقريباً عن ضباب المجرّة المحيطة بكلّ منها، وتستمرّ الاستثناءات العديدة في الكوازارات المُكتشفَة في إرباك توقّعات النموذج القياسيّ، أم تقع المجرّات المضيفة ببساطةٍ خارج حدود الكشف؟

تتنبأ الصورة الموحَّدة أيضاً بأنّ الكوازارات ستموت في نهاية المطاف، بلْ ويجب عليها أن تتنبأ بذلك، وسبب هذا التنبؤ هو عدم وجود كوازارات قريبة منّا، وتتنبأ أيضاً بأنّ الثقوب السوداء في النوى المجريّة شائعةٌ، سواء كانت هذه النوى نشيطةً أم لا، وبالفعل تزداد قائمة المجرّات القريبة المُكتشفة التي تحوي ثقوباً سوداء هائلةً وهامدةً في نواها، ومنها: درب التبّانة، ويُكشف وجودها من خلال السرعات الفلكيّة التي تصل إليها النجوم عندما تدور في مداراتٍ قريبةٍ (ولكنْ ليست قريبةً جدّاً) من الثقب الأسْود نفسه.

النماذج العلميّة الغنيّة مغريةٌ دائماً، لكنْ ينبغي أن نسأل أحياناً إنْ كان النموذج خصباً بسبب التقاطه بعض الحقائق العلميّة عن الكون أم لأنّه بُني من متغيّراتٍ قابلةٍ للضبط يمكن تعديلها للتوافق مع أيّ تفسيرٍ على الإطلاق. هل كنّا أذكياء بما فيه الكفاية اليوم، أم ما زلنا نفتقد أداةً علميّةً ستُختَرَع، أو تُكتَشَف غداً؟ عرف الفيزيائيّ الإنجليزيّ دينيس وليام شياما هذه المعضلة جيّداً حين كتب:

> نظراً إلى أنّنا نجد صنع نموذجٍ مناسبٍ من نوعٍ معيّنٍ صعباً، فلا بدّ من أنّ الطبيعة وجدته صعباً أيضاً؛ تهمل هذه العبارة احتمال أنْ تكون الطبيعة أذكى منّا، وتهمل حتّى الاحتمال بأنّنا قد نكون أكثر ذكاءً في الغد منّا اليوم. (1971، ص 80).

- 32 -

اقضِ عليهم!

منذ اكتشافنا عظام الديناصورات المنقرضة، مازال العلماء يقدِّمون تفاسير لا نهاية لها لاختفاء هذه الوحوش التعِسة: فربّما تسبّب مناخٌ حارٌ بجفاف مصادر الماء كلّها التي كانت متاحةً، كما يقول بعضهم، أو ربّما غطّت البراكين سطح الأرض بالحمم الحارقة وسمّمت الهواء، وربّما مال مدار الأرض ومحورها، ما تسبّب بعصرٍ جليديٍّ قاسٍ، أو ربّما تغذّت الثديّات المبكّرة على بيض الديناصورات بأعدادٍ هائلةٍ متسبّبةً بانقراضها، وربّما أكلت الديناصورات اللّاحمة الديناصورات النباتيّة كلّها، أو قد تكون الحاجة إلى مصادر ماء جديدة سبباً في هجراتٍ هائلةٍ نشرت الأمراض القاتلة، وقد تكون المشكلة الحقيقيّة هي إعادة تشكّل الكتل الأرضيّة نتيجة حركة الصفائح التكتونيّة.

تشترك هذه الأزمات كلّها بشيءٍ واحد: العلماء الذين استنتجوها كانوا ماهرين في البحث «في الأسفل» (في الأرض)، لكنْ هناك علماء آخرون ماهرون في البحث «في الأعلى» (في الفضاء)، وبدأوا بربط مظاهر سطح الأرض بزيارات بعض الأجرام المتشرّدة من الفضاء الخارجيّ. ربّما تسبّب حادث اصطدام نيزكٍ بهذه المظاهر، مثل: حفرة بارينغر؛ تلك الحفرة المشهورة التي تشبه وعاءً بعرض ميل، في صحراء أريزونا. في الخمسينيّات، اكتشف عالم الجيولوجيا الأمريكيّ يوجين شوميكر ومساعدوه نوعاً من الصخور التي تتشكّل فقط تحت ضغطٍ مرتفعٍ لمدّةٍ قصيرةٍ، تماماً مثل الوضع الذي يتسبّب به نيزكٌ يتحرك بسرعةٍ عند اصطدامه بالأرض، واتّفق علماء الجيولوجيا أخيراً أنّ سبب الحفرة هو اصطدام نيزك (ندعو ذلك الآن حفرة اصطدام نيزكي)، وبذلك أحيا شوميكر مفهوم القرن التاسع عشر للكارثة العالميّة، وهي الفكرة القائلة: إنّ التغيّرات على وجه كوكبنا يمكن أن يكون قد تسبّب بها حدثٌ قصيرٌ، وقويٌّ، ومُدمِّر.

ما إنْ فُتحت بوّابة التكهُّن، حتّى بدأ الناس يتساءلون إنْ كانت الديناصورات انقرضت بفعل حدثٍ مشابه، لكنّه أقوى وأكبر تأثيراً، وظهر الإيريديوم؛ وهو معدنٌ نادرٌ على الأرض، لكنّه شائعٌ في النيازك المعدنيّة، وموجودٌ على نحوٍ مثيرٍ للشكّ في طبقاتٍ أرضيّةٍ تعود إلى 65 مليون سنة في مواقع حول العالم، وتعود هذه الطبقات التي تمثّل مسرح الجريمة إلى الوقت الذي اختفت فيه الديناصورات؛ نهاية العصر الطباشيري، بعد ذلك أُكتشفت حفرة تشيكسولوب؛ وهي الانخفاض الذي يبلغ عرضه 200 كيلومتر على حافّة شبه جزيرة يوكاتان في المكسيك، التي عمرها أيضاً يصل إلى65 مليون سنة. توضح المحاكاة الحاسوبيّة لتغيّر المناخ أنّ اصطداماً يُنتج حفرةً كهذه سيتسبّب حتماً بتحطّم واندفاع ما يكفي من القشرة الأرضيّة إلى طبقة الستراتوسفير من الغلاف الجويّ، وبذلك حدوث كارثةٍ مناخيّةٍ عالميّة. من يريد مزيداً من الأدلّة؟ لدينا الجاني، وسلاح الجريمة، والاعتراف.

أُغلقت القضيّة.

لا، لم تُغلق بعد.

لا يجب أن يتوقّف البحث العلميّ بمجرّد عثورنا على تفسيرٍ معقول، فما يزال بعض علماء الأحافير والجيولوجيا يشكّكون في عَدِّ نيزك تشيكسولوب المسؤول الرئيس -أو حتّى مسؤولاً جزئيّاً- عن اختفاء الديناصور، ويعتقد بعضهم أنّ النيزك سبق الانقراض بمدّةٍ طويلةٍ، إضافةً إلى أنّ الأرض كانت ممتلئةً بالبراكين في ذلك الوقت، وأيضاً، اجتاحت الأرض موجات انقراضٍ أُخرى بدون أنْ تترك آثاراً لحفر اصطدام ومعادن فضائيّة نادرة كدليلٍ عليها، فليس بالضرورة أن تترك الأجرام التي قد تصل من الفضاء جميعها حفراً، فبعضها ينفجر في الجوّ قبل أن يصل إلى سطح الأرض.

إذنْ، إلى جانب حوادث الاصطدام، ما الذي يخبّئه الكون لنا؟ وما الذي يمكن أن يرسله في طريقنا لنحلّ لغز أنماط الحياة على الأرض؟

تُظهِر الدلائلُ عدّة حوادث انقراضٍ جماعيٍّ كاسحة خلال نصف مليار سنة الفائتة على الأرض، الأكبر بينها هو العصر الأوردوفيكي منذ قرابة 440 مليون سنة، ثمّ العصر الديفوني منذ قرابة 370 مليون سنة، ثمّ العصر البرمي منذ قرابة 250 مليون سنة، ثمّ العصر الترياسي منذ قرابة 210 مليون سنة، ثمّ الطباشيري منذ 65 مليون سنة، وهناك أيضاً حوادث انقراضٍ أصغر في مراحل زمنيّة تبلغ قرابة عشرات الملايين من السنين.

أشار بعض العلماء إلى أنّ هذه الحوادث تطرأ في المتوسّط كلّ 25 مليون عام، أو نحو ذلك،

يشعر العلماء الذين يبحثون «في الأعلى» بالراحة تجاه الحوادث التي تتكرّر على مراحل زمنيّة طويلة؛ لذا تقدَّم علماء الفيزياء الفلكيّة ليقوموا بتحديد بعض الجناة المتسبّبين بهذه الحوادث.

لنفترض وجود نجمٍ مرافقٍ للشمس، خافتٍ وبعيد، واقترح ذلك بعض العلماء في الثمانينيّات، وافترضوا أنّ دورته المداريّة قرابة 25 مليون سنة، وأنّ مداره متطاولٌ للغاية؛ حيث يقضي معظم وقته بعيداً، وغير قابلٍ للكشف من الأرض، يمكن لهذا المرافق أنْ يفكّك مجموعة المذنّبات البعيدة عن الشمس كلّما مرّ بجانبها، وبذلك تنطلق جحافلُ من المذنّبات من مداراتها المستقرّة في النظام الشمسيّ الخارجيّ لتضرب الأرض، ويزداد معدّل حوادث الاصطدام كثيراً.

نيمسيس (ربّة العقاب الإلهيّ)، هو الاسْم الذي أُطلق على هذا النجم الافتراضيّ. بالتأكيد كانت الفكرة أمراً مثيراً للحماسة والجدل لبضع سنوات، لكنّ التحليل اللّاحق بيّن أنّ المراحل الزمنيّة بين حوادث الانقراض متنوّعة المدّة، ولا تشير إلى أيّ ارتباطٍ بحدثٍ دوريّ.

لم يكن الحدث الدوريّ الافتراض الوحيد المثير للاهتمام للموت القادم من الفضاء الخارجيّ؛ كانت الأوبئة افتراضاً أيضاً، فاقترح عالِم الفيزياء الفلكيّة الإنجليزيّ السير فريد هويل وشريكه في المختبر شاندرا ويكراماسينغ، في جامعة كارديف في ويلز، مرور الأرض أحياناً خلال سحابةٍ بينجميّةٍ محمَّلةٍ بأحياء دقيقة، أو ذيلٍ غباريٍّ لمذنّبٍ محمّلٍ بالمثل، وربّما لزوّارٍ كهؤلاء أن يكونوا سبباً لتفشٍّ سريعٍ للأمراض، الأسوأ من ذلك، قد تكون بعض السُّحُب الضخمة، أو الغبار، قَتَلةً بالفعل، بحملها فيروساتٍ قادرة على تدمير الكثير من الأنواع، لكنْ كيف يمكن لسحابةٍ بينجميّةٍ أن تُصنّع وتحمل بُنيةً معقّدةً مثل الفيروس؟ يبدو أنّ هناك الكثير من الأسئلة والتحدّيات ليكون هذا الافتراض صحيحاً بالفعل.

أتريد المزيد من الفرضيّات؟ تخيّل علماء الفيزياء الفلكيّة طيفاً لا نهائيّاً من نهاياتٍ كارثيّةٍ عالميّةٍ مدهشة، مثلاً: تتّجه مجرّتنا درب التبّانة ومجرّة أندروميدا، التي تبعد عنّا 2.4 مليون سنة ضوئيّة، نحو بعضهما، وكما ذكرنا سابقاً، ربّما يصطدمان بعد نحو7 مليارات سنة بما يشبه اصطدام قطارين كونيّين، ستتداخل السُّحُب الغازيّة مع بعضها، وتتناثر النجوم هنا وهناك، وإذا اقترب منّا نجمٌ آخر بما يكفي ليغيّر توازن جاذبيّتنا مع الشمس، قد يخرج كوكبنا من النظام الشمسيّ، ويعيش متشرّداً وحيداً في الظلام.

سيكون ذلك سيّئاً!

وقبل أن يحدث الاصطدام بملياري سنة، ستذوي الشمس نفسها، وتموت لأسبابٍ طبيعيّةٍ، مبتلعةً الكواكب الداخليّة في النظام الشمسيّ بما فيها الأرض، لتبخّر عناصرها المكوّنة كلّها تماماً.

هذا أمرٌ أسوأ!

أيضاً، إذا اقترب ثقبٌ أسْودُ منّا، سيأكل الكوكب بأكمله؛ حيث تنهار أوّلاً المادّة الأرضيّة الصلبة بفعل قوى المدّ والجزْر الهائلة للجاذبيّة، ثمّ ستنقذف البقايا عبْر نسيج الزمكان، لتنحدر في شريطٍ طويلٍ من الذرّات عبر أفق حدث الثقب الأسْود لتصل إلى نقطة التفرُّد[1]".

لكنّ السجلّ الجيولوجيّ للأرض لا يحوي أيّة إشارةٍ إلى اقترابٍ من ثقبٍ أسْود، فلا تفتيت، ولا التهام، ونظراً إلى توقّعنا أن احتمال وجود ثقوب سوداء في جوارنا يصل إلى درجة العدم، أستطيع القول: إنّ هناك قضايا أمامنا تتعلّق ببقائنا أكثر إلحاحاً.

ماذا عن احتراقنا بأمواجٍ عاليةٍ من الطاقة الكهرومغناطيسيّة من الإشعاع والجُسيمات، تصل إلينا من انفجار نجمٍ ما؟

تموت معظم النجوم بسلام، ناشرةً بلطفٍ موادّها الغازيّة في الفضاء البينجميّ، لكنّ نجماً من ألف نجمٍ، الذي تصل كتلته إلى 7، أو 8 أضعاف كتلة الشمس؛ يموت بعنفٍ وبانفجارٍ هائلٍ يُسمَّى المُستعِر الأعظم. إنْ وُجد أحد هذه النجوم على بُعد 30 سنةً ضوئيّةً عنّا، فإنّ أشعّةً كونيّةً مميتةً من الجُسيمات عالية الطاقة، التي تصل سرعتها إلى سرعة الضوء؛ ستصيب كوكب الأرض.

الكارثة الأولى ستصيب جُزيئات الأوزون؛ حيث تمتصّ جزيئات الأوزون (O_3) في طبقة الستراتوسفير عادةً الأشعّة فوق البنفسجيّة المؤذية القادمة من الشمس، وبهذه العمليّة يفكّك الإشعاع جُزيء الأوزون إلى ذرّة أكسجين (O)، وجُزيء أكسجين (O_2)، ويمكن لذرّات الأكسجين المتحرّرة أن ترتبط مجدّداً بجُزيء أكسجين لتشكّل جُزيء أوزونٍ جديداً. في الأيّام العاديّة، يحطّم الإشعاع الشمسيّ جُزيئات الأوزون بالمعدّل نفسه الذي تتشكّل فيه جُزيئات الأوزون الجديدة، لكنْ أيّ حدثٍ يصيب الأرض ويتسبّب بإشعاعٍ هائلٍ عالي الطاقة سيحطّم جُزيئات الأوزون بسرعةٍ كبيرةٍ، ما يسلبنا درعنا الواقي من أشعّة الشمس.

ما إنْ تسلبنا موجة الإشعاع دفاعنا ضدّ الشمس، حتّى تصل الأشعّة فوق البنفسجيّة من دون عوائق إلى سطح الأرض، وتحطّم جُزيئات الأكسجين والنيتروجين في طريقها إلى ذرّات؛ سيكون ذلك سيّئاً للطيور، والثديّات، وباقي سكّان سطح الأرض وهوائها؛ حيث يمكن لذرّات الأكسجين والنيتروجين الحُرّة أن تتّحد بسرعة، وأحد النواتج هو ثاني أكسيد النيتروجين، الذي يشكّل ضباباً

(1) يتداعى نجمٌ فائق الكتلة نتيجة جاذبيّته الخاصّة حين ينفد الوقود الذي يمدّه بالطاقة، ليصبح في نهاية المطاف حقلاً صغيراً جدّاً من مادّةٍ ذات كثافةٍ عاليةٍ عشوائيّةٍ هي «المتفرّد» singularity، حيث من الممكن أن تصبح قوانين الفيزياء الاعتياديّة غير فاعلة. (م).

دخانياً، ويتسبّب بظلام الغلاف الجويّ وهبوط درجة الحرارة، ويؤذن ذلك بعصرٍ جليديٍّ جديدٍ؛ وستعقم الأشعّة فوق البنفسجيّة سطح الأرض من الكائنات الحيّة.

لأخْذ العِلم، تبدو نفحة الأشعّة فوق البنفسجيّة، الناتجة عن انفجار مُستعِر أعظم، والمنتشرة في كلّ مكان، صغيرةً كلدغة بعوضةٍ بمقارنتها بنفحةٍ من أشعّة غاما التي قد يسبّبها المُستعِر فوق العظيم «الهايبرنوفا»، وهو مُستعِر يحدث عند نهاية حياة نجمٍ فوق عملاق (تتجاوز كتلته كتلة الشمس بمئة مرّة).

مرّة على الأقلّ في اليوم، يحرّر انفجارٌ قصيرٌ من أشعّة غاما -الأقوى بين الإشعاعات عالية الطاقة- طاقةَ ألفِ مُستعِر أعظم في مكانٍ ما من الكون. اكتُشف انفجار أشعّة غاما مصادفةً في الستينيّات من القرن العشرين من قِبل أقمار الولايات المتّحدة الصناعيّة التابعة للقوى الجويّة، التي أُطلقت لتقصّي الإشعاع من أيّ أسلحةٍ نوويّةٍ سرّيّةٍ يختبرها الاتّحاد السوفييتي في خرقٍ لمعاهدة الحدّ من خطر الأسلحة النوويّة عام 1963، والتقطت هذه الأقمار الصناعيّة حينها إشاراتٍ من الكون عوضاً عن الاتّحاد السوفييتي.

في البداية، لم يعلم أحدٌ ما كانت هذه الانفجارات، أو كم تبعد عنّا. بدا أنّها تأتي -عوضاً عن مستوي القرص الرئيس من النجوم والغاز في مجرّة درب التبّانة- من كلّ اتّجاهٍ في السماء، أو بعبارةٍ أُخرى: من الكون بأكمله، لكنْ لا بدّ من أنّها تحدث في مكانٍ قريبٍ منّا، على الأقلّ في المحيط المجريّ حولنا، وإلّا كيف يمكنها أن تسجّل هذه الطاقة كلّها هنا على الأرض؟

في عام 1997، أنهى النقاشَ حول هذا الموضوع الرصدُ الذي سجّله تلسكوب إيطالي للأشعّة السينيّة: انفجار أشعّة غاما هو حوادثُ مجريّةٌ فائقةٌ وبعيدةٌ جداً، وربّما تكون الإشارة الناجمة عن انفجار نجمٍ واحدٍ فائق الكتلة، وبداية تكوُّن ثقبٍ أسْود. التقط التلسكوبُ «الشفق (أو الوهج) التالي» من الأشعّة السينيّة الناجمة عن انفجارٍ مشهورٍ اليوم، وهو GRB 970228، لكنْ اتّضح حصول «انزياح أحمر» للأشعّة السينيّة، هذه السِّمة المُساعِدة للضوء مع توسّع الكون تمكّن علماء الفيزياء الفلكيّة من الوصول إلى تحديدٍ دقيقٍ للمسافة. الشفق التالي لانفجار GRB 970228، الذي وصل إلى الأرض في 28 شباط 1997، بدا واضحاً أنّه قادمٌ من عمق الكون، بعيداً مليارات السنين الضوئيّة. في السنة التالية، أطلق عالِم الفيزياء الفلكيّة بودان باتشينسكي، من جامعة برينستون، على مصادر أشعّة غاما هذه «المُستعِر فوق العظيم» (الهايبرنوفا). شخصياً، أجد اسْم «المُستعِر الأعظم الفائق الخارق»، أو Super-Duper Supernova مناسباً أكثر.

الهايبرنوفا هو واحدٌ من كلّ 100,000 سوبرنوفا ينفجر مطلقاً أشعّة غاما، ومنتجاً طاقةً في

غضون لحظاتٍ تكافئ الطاقة التي قد تنتجها شمسنا، بإنتاجها الراهن، في تريليون سنة. بصرف النظر عن وجود بعض القوانين الفيزيائيّة التي لم تُكتشَف بعد، يتطلّب إنتاج طاقةٍ بهذا الشكل ضمن القوانين المعروفة الآن ضغط الطاقة الكليّة للانفجار في شعاعٍ ضيّقٍ، مثلما يحدث عندما يتركّز ضوء المصباح اليدويّ في مرآته ذات القطع المكافئ لينطلق كشعاعٍ قويٍّ واحدٍ نحو الأمام، في حال تركّزت قوّة مُستعر أعظم في شعاعٍ ضيّقٍ، سيتعرّض أيّ شيءٍ يقف في طريقه للدمار الشامل بطاقة الانفجار، في حين يبقى ما هو خارج طريقه غافلاً عمّا يحدث؛ كلّما ازداد ضيق الحزمة، كان تدفّق الطاقة فيها كثيفاً، وقلّت فرصة رصْده في الكون أيضاً.

ما الذي يتسبّب بهذه الحزم من الطاقة الشبيهة بحزم اللّيزر؟ لنلْحظ النجم فائق الكتلة الأصليّ؛ فقبل أن يموت النجم بسبب نفاد وقوده بمدّةٍ قليلةٍ، يلفظ النجم طبقاته الخارجيّة، ويصبح هذا الحطام من الطبقات كغطاءٍ ضبابيٍّ كبير، وغالباً ما يُضاف إليه الجيوب الغازيّة التي تبقّت من السحابة الأصليّة التي كوَّنت النجم في البداية. عندما ينهار النجم في النهاية وينفجر، فإنّه يحرّر كميّاتٍ هائلةً من المادّة، وكميّاتٍ مرعبةً من الطاقة، وتخترق حزم الطاقة والمادّة المنطلقة النقاط الضعيفة من الغطاء الغازيّ؛ حيث تتدفّق كميّاتٌ هائلةٌ من هذه النقاط الصغيرة. تقترح النماذج الحاسوبيّة لهذا السيناريو المعقّد أنّ النقاط الضعيفة تكون في القطبين: الشماليّ، والجنوبيّ للنجم الأصليّ، وتُظهِر صورة النجم شعاعين قويّين من أشعّة غاما ينطلقان منه باتّجاهين متعاكسين، ويمكن أن يرصدهما أيّ كاشفٍ لأشعّة غاما يعترض طريقهما (سواء كانت كاشفات الأقمار الخاصّة بمعاهدة الحدّ من الأسلحة النوويّة أم كاشفات غيرها).

يقترح عالِم الفلك أدريان ميلوت في جامعة كنساس مع فريقه، أنّ الانقراض الجماعيّ في العصر الأردوفيكي يعود سببه إلى مواجهة كوكبنا شعاعَ غاما منطلقاً من انفجار نجمٍ قريب؛ لكنْ ربع أحياء الأرض اختفت في ذلك الوقت، ولا يوجد أيّ دليلٍ على حادث اصطدام نيزكٍ يتوافق زمنيّاً مع هذا الانقراض.

يقول المثل: عندما تكون مطرقةً، سترى مشكلاتك كلّها بشكل مسامير؛ كذلك الأمر بالنسبة إلى خبير نيازك يبحث في سبب انقراضٍ جماعيٍّ، سيرغب بافتراض أنّ حادث اصطدامٍ تسبّب بذلك؛ أمّا خبير طبقات الأرض فيقول: إنّ البراكين هي السبب، ويفترض عالِم بيولوجيا السُّحُب الغازيّة الفضائيّة أنّ فيروساً فضائيّاً كان السبب، بينما خبير المستعرات فوق العظيمة يرى أنّ أشعّة غاما هي السبب.

أيّاً كان صاحب الرأي الصواب، فإنّ الأمر الوحيد المؤكّد: يمكن أنْ تنقرض فروعٌ كاملةٌ من شجرة الحياة بلحظةٍ في بعض الأحيان.

من ينجو من هذه الكوارث؟ غالباً من يكون صغيراً وضعيفاً؛ فالأحياء الدقيقة تبلي حسناً في مواجهة الكوارث العالميّة، والأكثر أهميّةً، سيفيد أنْ تعيش في الأماكن التي لا تشرق عليها الشمس: في قاع المحيط، أو أسفل الصخور المدفونة، أو في طين وتُرَب الحقول والغابات، ومعظم الكتلة الحيويّة التي تعيش تحت الأرض تنجو؛ هذه الكائنات هي من تبعث الحياة على الأرض مرةً بعد مرّةٍ، بعد مرّة.

- 33 -

الموت في ثقبٍ أسْود

لا شكَّ في أنّ السقوط في ثقبٍ أسْود هو أكثر طريقةٍ مذهلةٍ للموت في الفضاء؛ إنّه المكان الوحيد في الكون الذي تتمزّق فيه ذرةً ذرّة.

الثقب الأسْود هو مساحةٌ في الفضاء تكون فيها الجاذبيّة كبيرةً للغاية إلى درجة أنّ نسيج الزمان والمكان ينحني على نفسه، مغلقاً بطريقه أبواب العودة منه كلّها. هناك طريقةٌ أُخرى للنظر إلى المأزق: يتطلّب الهروب من الثقب الأسْود تحقيق سرعةٍ تفوق سرعة الضوء، كما رأينا في القسم 3، يسافر الضوء بسرعة 299,792,458 متراً في الثانية في الفراغ، وهو الأسرع في الكون كلّه. إنْ لم يتمكّن الضوء من الهروب من الثقب الأسْود، كذلك لن تستطيع أنت، ولهذا السبب بالطبع ندعوه ثقباً أسْود.

لكلّ الأجسام سرعة هروب منها (من الجاذبيّة)، وسرعة الهروب من كوكب الأرض لا تتجاوز 11 كيلومتراً في الثانية، لذا يمكن للضوء، ولأيّ شيءٍ يتجاوز سرعة 11 كيلومتراً في الثانية، أن يهرب بسهولة. رجاءً، أخبروا قائل المثل: «من يرتفع إلى السماء سيسقط في النهاية على الأرض» أنّه مُخطئ.

أوضحت نظريّة النسبيّة العامّة التي نشرها ألبرت أينشتاين عام 1916، البُنية الغريبة للمكان والزمان في بيئات الجاذبيّة الكبيرة، وأسْهم بحثٌ لاحقٌ للعالِم الأمريكيّ جون أ. ويلر وآخرون، في تشكيل وصفٍ لغويٍّ ورياضيٍّ يتنبأ بأفعال الثقب الأسْود على محيطه، مثلاً: «أفق الحدث»؛ هو الحدّ الدقيق الفاصل بين المنطقة التي يستطيع الضوء الهروب فيها من جاذبيّة الثقب الأسْود، والمنطقة التي لا يعود فيها قادراً على الهروب، أو بكلماتٍ أُخرى: الحدّ الفاصل بين ما يوجد في الكون وبين ما يضيع إلى الأبد في الثقب الأسْود، وبالتوافق مع ذلك، حجم الثقب

الأسْود هو حجم «أفق الحدث» الخاصّ به، الذي يمثِّل مقداراً واضحاً يمكن قياسه وحسابه، في الوقت نفسه، يكون ما بداخل أفق الحدث كلّه منهاراً في نقطةٍ لا متناهيةٍ في الصغر في مركز الثقب الأسْود؛ لذا فالثقب الأسْود ليس جرماً مميتاً في الفضاء، بل على نحوٍ أكثر دقّة، هو منطقة مميتة في الفضاء.

لنرى تفاصيل ما يحدث لجسم الإنسان إذا تجوّل قريباً، أكثر من اللازم، من ثقبٍ أسْود.

إذا زلَّت قدمك ووجدت نفسك تسقط واقفاً في ثقبٍ أسْود نحو مركزه، ستتزايد قوّة جاذبيّته مع اقترابك من مركزه على نحوٍ هائلٍ! الأمر المثير للفضول هو أنّك لن تشعر بهذه القوّة؛ لأنّك عملياً كأيّ جسمٍ في حالة سقوطٍ حرٍّ، وبالتالي لا وزن لك، لكنْ ستشعر بأمرٍ أكثر قسوةً. بينما تسقط، تتسارع قوّة الجاذبيّة عند قدميك؛ بسبب قربهما من مركز الثقب الأسْود، أكثر منها عند رأسك حيث تكون قوّة الجاذبيّة أصغر، وهذا الفرق بين القوّتين يُعرف بالقوّة المدّيّة (قوّة المدّ والجزْر)، الذي يزداد حدّةً كلّما اقتربت من المركز. على الأرض، وفي معظم الأماكن في الفضاء، يكون اختلاف قوى المدّ والجزْر على طول جسمك ضئيلاً وغير محسوس؛ أمّا في أثناء سقوطك واقفاً في ثقبٍ أسْود، فإنّ أثر هذه القوّة هو أكثر ما ستشعر به.

لو كنت مصنوعاً من المطّاط، ستتمدّد استجابةً لاختلاف الجاذبيّة بين قدميك ورأسك، لكنّ جسم الإنسان مكوّنٌ من عظامٍ، وعضلاتٍ، وأعضاء؛ لذا سيبقى جسمك قطعةً واحدةً حتى تحطِّم قوى المدّ والجزْر روابط الجُزئيات فيه. (لو كان لمحاكم التفتيش القدرة على الوصول إلى ثقب أسْود لاستُعملَ كأداةٍ للتعذيب عوضاً عن المخلعة).

إنّها لحظةٌ مخيفةٌ عندما ينقسم جسمك إلى قطعتين، ويستمرّ تأثير قوى المدّ والجزْر لتنقسم كلّ قطعةٍ من جسمك إلى قطعتين أيضاً، التي تنقسم كلّ منها بدورها إلى قطعتين وهكذا. سينقسم جسدك إلى قطعٍ متزايدةٍ في العدد: 1، 2، 4، 8، 16، 32، 64، 128، إلى آخره، ويستمرّ التمزّق ليصل إلى مستوى الجُزيئات، حيث سيستمرّ تأثير القوى المدّيّة بالتزايد على الجزيئات لتنقسم وتصبح تيّاراً من ذرّاتها المكوّنة، وفي نهاية المطاف، يصل إلى مستوى الذرّات، التي بدورها تتمزّق مخلّفةً مزيجاً غير متمايزٍ من الجسيمات، التي كانت قبل دقائق قليلة أنت.

هناك أسوأ من ذلك!

تتّجه أجزاؤك جميعها إلى نقطةٍ واحدةٍ، مركز الثقب الأسْود؛ لذا بينما تتمزّق من رأسك إلى قدميك، ستنضغط أجزاؤك في نسيج المكان والزمان، مثل انضغاط معجون الأسنان عند خروجه من الأنبوب.

وبذلك نضيف إلى مجموعة الكلمات التي تصف الموت مثل: (قتل، انتحار، قتل بالصعق الكهربائي، خنق، تجويع حتّى الموت) كلمة جديدة: «التأثيرات المعكرونيّة[1]».

كلّما ابتلع الثقب الأسْود المزيد ممّا حوله، ازداد محيطه بتناسبٍ طرديٍّ مع كتلته؛ أي: إذا ابتلع الثقب الأسْود مثلاً: ثلاثة أضعاف كتلته، سيزداد محيطه ثلاثة أضعاف، لهذا السبب يمكن للثقوب السوداء أن تكون بأيّ حجمٍ في الفضاء، لكنْ لن تقتلك جميعها وتجعلك كالمعكرونة عند عبورك أفق الحدث الخاصّ بها؛ الثقوب السوداء الصغيرة فقط من تفعل ذلك. لماذا؟ يتطلّب الموت -بالطريقة المذهلة التي وصفناها أعلاه- قوى مدٍّ وجزْرٍ ناتجةً عن اختلاف الجاذبيّة المطبَّقة على الجسم الواحد، والقاعدة العامّة تقول: إنّ قوى المدّ والجزْر تزداد بازدياد حجمك مقارنةً ببعدك عن مركز الجرم الذي يجذبك.

في مثالٍ بسيطٍ، لكن متطرّف: إنْ سقط شخصٌ طوله 6 أقدام واقفاً في ثقبٍ أسْود محيطه 6 أقدام، فعند أفق الحدث يكون بُعد رأسه ضعف بُعد قدميه عن مركز الثقب الأسْود، ويكون اختلاف قوى الجاذبيّة بين رأسه وقدميه كبيراً جداً، لكنْ إن كان محيط الثقب الأسْود 6,000 قدم، سيكون رأس الرجُل نفسه أبعد بنسبة جزء من الألف من بُعد قدميه عن مركز الثقب الأسْود؛ لذا يكون الاختلاف في قوى الجاذبيّة (قوى المدّ والجزْر) صغيراً نتيجةً لذلك.

وعلى نحوٍ مكافئٍ، يمكن للمرء أن يسأل سؤالاً بسيطاً: ما سرعة تغيّر قوّة الجاذبيّة في أثناء السقوط نحو جسمٍ ما؟ تُظهِر معادلة الجاذبيّة أنّ تغيّرها يتسارع أكثر فأكثر كلّما اقتربنا من مركز الجرم، وتسمح الثقوب السوداء الصغيرة باقتراب الجرم كثيراً من مركزها قبل أن يدخل بأكمله أفق الحدث؛ لذا يكون تغيّر الجاذبيّة من مسافاتٍ صغيرةٍ مدمِّراً لمن يسقط فيه.

يشمل النوع الشائع من الثقوب السوداء تلك التي تتجاوز كتلتها كتلة الشمس بعدّة مرّات، لكنّ أفق الحدث لجميعها لا يتجاوز عشرات الأميال عرضاً، وهذا ما يتجادل به معظم الفلكيّين في موضوع الثقوب السوداء. إن سقطتَ باتّجاه هذا الوحش، سيبدأ جسمك بالتمزّق على بعد 100 ميل عن المركز، وهناك نوعٌ آخر من الثقوب السوداء، التي تصل كتلتها إلى مليار ضعف من كتلة الشمس، ويصل أفق الحدث فيها إلى حجم النظام الشمسيّ بأكمله، وتكمن مثل هذه الثقوب السوداء في مراكز المجرّات، وعلى الرغم من أنّ جاذبيّتها الكليّة هائلة، لكنّ الاختلاف

---

(1) التأثيرات المعكرونيّة: مصطلحٌ يشير إلى التمدّد الرأسيّ مع الانضغاط الأفقيّ للجسم ليصبح رقيقاً وطويلًا (مثل المعكرونة) في مجال جاذبيّةٍ قويٍّ وغير متجانس، الذي يسبّب قوى المدّ والجزْر القويّة، وجاءت من مثالٍ أعطاه ستيفن هوكنغ في كتابه: «موجز تاريخ الزمن». (م).

فيها بين رأسك وقدميك قرب أفق حدثها صغير جدّاً نسبيّاً. في الواقع، يمكنك السقوط في أحدها، والبقاء قطعةً واحدةً بعد عبورك أفق الحدث، لكنْ لن يمكنك العودة أبداً وإخبارنا عن رحلتك، وعندما تتمزّق أخيراً في أعماق الثقب الأسْود، لن يتمكّن أحدٌ من رؤية ذلك.

على حدّ عِلمي، لم يؤكل أحدٌ من قِبل ثقبٍ أسْود، لكنْ هناك الكثير من الأدلّة على ابتلاع هذه الثقوب على نحوٍ اعتياديٍّ للنجوم وسُحُب الغاز التي تمرّ بقربها؛ عند اقتراب سحابةٍ غازيّةٍ من ثقبٍ أسْود، فإنّها لا تسقط فيه على نحوٍ مستقيمٍ، وبخلاف سقوطك فيه بقدميك أوّلاً، ستنسحب السحابة في مدارٍ قبل أن تغرق بشكل دوّامة نحو هلاكها في الثقب الأسْود، وستدور أجزاء السحابة القريبة من الثقب الأسْود أسرع من الأجزاء البعيدة؛ يُعرف ذلك «بالدوران التفاضلي» الذي يتسبّب بعواقب هائلة فلكيّاً، بينما تقترب طبقات السحابة حلزونيّاً من أفق الحدث، وتزداد درجة حرارتها نتيجة الاحتكاك الداخليّ لتصل إلى مليون درجة؛ أي: أعلى حرارة من أيّ نجمٍ معروف. يتوهّج الغاز مزرقّاً بينما يصبح مصدراً غزيراً لطاقة الأشعّة فوق البنفسجيّة والأشعّة السينيّة، وما بدأ كثقبٍ أسْود عاديّ (لا يتدخّل بغيره) أصبح الآن ثقباً أسْود غير مرئيٍّ محاطاً بموادّ غازيّةٍ متسارعةٍ، متوهّجةٍ بإشعاعٍ عالي الطاقة.

بما أنّ النجوم هي كرات غازيّة بنسبة 100%، فهي ليست مُحصَّنةً ضدّ مصير السُّحُب الغازيّة التي تقترب من ثقبٍ أسْود. في نظامٍ نجميٍّ ثنائيٍّ، قد يصبح أحد النجمين ثقباً أسْود، لكنْ لا يأكل الثقب الأسْود النجم الثاني مباشرةً، بل حتّى عُمْرٍ متأخّرٍ من حياة النجم الثاني بعد أن يتحوّل إلى عملاقٍ أحمر. إذا ازداد حجم العملاق الأحمر بما يكفي سيأكله الثقب الأسْود أخيراً؛ حيث ستتقشّر طبقاته، وتؤكل طبقةً تلو الأُخرى؛ أمّا بالنسبة إلى نجمٍ مرّ مصادفةً بجوار ثقبٍ أسْود، فإنّ قوى المدّ والجزْر ستؤدّي في البداية إلى تمدّده، وفي النهاية ستمزّق قوى الدوران التفاضليّ النجم لتحوّله إلى قرصٍ من الغاز المتوهّج تسخّنَ بفعل قوى الاحتكاك.

في كلّ مرّةٍ يحتاج فيها علماء الفيزياء الفلكيّة النظريّون في نظريّاتهم إلى تفسير وجود مصدر طاقةٍ في مساحةٍ صغيرةٍ من الفضاء، يلجؤون إلى افتراض وجود ثقبٍ أسْود. مثلاً: كما رأينا سابقاً، المجرّة من نوع كوازار تسطع أقوى بمئات وآلاف المرّات من درب التبّانة بأكملها، لكنّ مصدر طاقتها يوجد في مساحةٍ لا تتجاوز مساحة النظام الشمسيّ، إنْ لم يَصحَّ افتراض وجود ثقبٍ أسْود فائق الكتلة في محرّك الكوازار المركزيّ، فليس لدينا أيّ تفسيرٍ بديلٍ الآن.

نعرف الآن أنّ الثقوب السوداء فائقة الكتلة شائعة في مراكز المجرّات، وفي بعض المجرّات، يعطينا السطوع الشديد الصادر عن حجمٍ صغيرٍ دليلاً على وجود ثقبٍ أسْود، لكنّ السطوع الفعليّ يتطلّب نجوماً وسُحُباً غازيّةً باستمرارٍ ليمزّقها الثقب الأسْود، وينتج مثل هذا السطوع،

ويمكن لبعض المجرّات الأُخرى التي لا تتميّز بسطوعٍ مركزيٍّ شديدٍ أنْ تحوي في مراكزها ثقوباً سوداء؛ إذْ يمكن أنّ ثقوبها قد التهمت ما حولها كلّه من النجوم والغاز، لكنّ النجوم القريبة من مركز المجرّة وتدور في مداراتٍ قريبةٍ من الثقب الأسْود (من دون أن تصل إلى حدّ الابتلاع) ستتزايد سرعاتها بحدّة. إذا أضفنا سرعات هذه النجوم إلى بُعدها عن مركز المجرّة، فإنّها تمنحنا قياساً مباشراً للكتلة الإجماليّة التي تحتويها مداراتها، وتمكّننا هذه المعطيات، بإجراء عمليّاتٍ حسابيّةٍ، من تحديد إنْ كانت الكتلة المركزيّة الجاذبة مُرَكَّزةً بما فيه الكفاية لتكون ثقباً أسْود. تصل كتلة أكبر ثقبٍ أسْود معروفٍ إلى مليار ضعفٍ من كتلة الشمس، يكمن مثل هذا الثقب الأسْود في مركز المجرّة الهائلة M87، وهي الأكبر في عنقود العذراء المجرّيّ، وفي نهاية هذه اللّائحة (على الرغم من أنّه في نهايتها إلّا أنّه ما يزال ضخماً)، الثقب الأسْود -في مركز مجرّة أندروميدا الذي تصل كتلته إلى 30 مليون ضعف من كتلة الشمس- أقرب جيراننا في الفضاء.

هل شعرت بالغيرة من هذه الكتل الضخمة؟ حسناً، أنت محقّ، فالثقب الأسْود في مركز مجرّة درب التبّانة لا تتجاوز كتلته 4 مليون ضعف من كتلة الشمس، لكنْ مهما كانت كتلته، فإنّ مهمّة الثقب الأسْود هي الموت والتدمير.

القسم السادس

العِلم والثقافة

التخبُّط بين اكتشاف الكون وردّ فعل الناس على ذلك

- 34 -

أشياء يقولها الناس

قال أرسطو: إنّ النجوم ثابتةٌ وغير متحرّكةٍ في السماء، بينما تتحرك الكواكب على خلفيّةٍ من نجوم السماء، وتظهر الشهب، والمذنّبات، والكسوف، والخسوف، كأحداثٍ طارئةٍ في الجوّ والسماء، والأرض هي مركز الكون بأكمله، لكنْ منذ عصر التنوير، الذي بدأ بعد 25 قرناً، أصبحنا نضحك من حماقة هذه الأفكار، لكنّها كانت أفكاراً ناتجةً عن مراقبةٍ طويلةٍ -وإنْ كانت بوسائل بسيطة- لحوادث العالم الطبيعيّ.

كان لأرسطو أفكار أُخرى، قال مثلاً: إنّ الأجسام الأثقل تسقط أسرع من الأجسام الأخفّ. من يستطيع أن يناقش هذه الفكرة؟ من الواضح أنّ الصخور تسقط أسرع من أوراق الشجر، لكنّ أرسطو ذهب بفكرته أبعد من ذلك، وقال: إنّ الأجسام الأثقل تصل إلى الأرض أسرع بتناسبٍ طرديٍّ مع ثِقلها؛ أي: إنّ جسماً يزِن 10 أرطال يسقط أسرع بعشر مرّاتٍ من جسمٍ بوزن رطلٍ واحد.

كان أرسطو مخطئاً!

لاختبار هذه الفكرة، راقب سقوط حجرٍ كبيرٍ وآخر صغير معاً من ارتفاعٍ واحد، بخلاف أوراق الشجر المرفرِفة، سيواجه الحجران المقاومة نفسها من الهواء، وسيصلان إلى الأرض في الوقت ذاته، ولا تحتاج هذه التجربة إلى المؤسّسة الوطنيّة للعلوم للقيام بها؛ كان باستطاعة أرسطو أن يقوم بها، لكنّه لم يفعل. تبنّت عقيدة الكنيسة الكاثوليكيّة أفكار أرسطو لاحقاً، وبسبب قوّة الكنيسة وتأثيرها ترسّخت فلسفة أرسطو هذه في المعرفة العامّة للعالَم الغربي، وآمن الناس بها إيماناً أعمى وكرّروها لأجيال، ولم يكرّر الناس الأفكار الخاطئة فقط، بل حتّى إنّهم تجاهلوا الأمور التي تحدث بوضوحٍ، والتي تتعارض مع هذه الأفكار.

عندما نتقصّى العالَم الطبيعيّ علمياً، فإنّ الأسوأ من المُصدِّق الأعمى هو الشاهد المُنكِر. عام 1054 م، ازداد سطوع نجمٍ في كوكبة الثور على نحوٍ قويٍّ جداً، فكتب الفلكيّون الصينيّون عن هذا الحدث، وكذلك الفلكيّون في الشرق الأوسط، ونقش الأمريكيّون الأصليّون الحدث على الحجر، وأصبح النجم ساطعاً إلى درجة رؤيته بوضوحٍ في النهار لأسابيع.(هذا النجم الساطع هو انفجار مُستعِر أعظم حدث قبل قرابة 7,000 سنة، لكن ضوءه لم يصل إلى الأرض حتى ذلك الوقت)، مع ذلك، لا نجد تسجيلاً واحداً له في أوروبا كلّها، وكانت أوروبا في عصور الظلام حقّاً؛ لذا لا يمكننا أن نتوقّع وجود مهاراتٍ فعليّة في تسجيل البيانات، لكنّ الأحداث الكونيّة «المسموح بها» كانت تُسجّل دائماً، مثلاً: في عام 1066 م، شوهد ما يُعرف الآن بمذنّب هالي، ورُسِم ووصِف كما ينبغي له في مقطعٍ مشهورٍ على نسيج مزخرف في بلدة بايو (البلدة التي رُصد فيها) قرابة عام 1100. هذا استثناء بالفعل! قال أرسطو: إنّ النجوم لا تتغيّر، ويقول الكتاب المُقدَّس: إنّ النجوم لا تتغيّر. قالت الكنيسة، بسلطتها غير المحدودة حينها: إنّ النجوم لا تتغيّر، والنتيجة أنّ الناس ضُلّلوا وكانوا ضحايا وهْمٍ جماعيٍّ أقوى من قدرة الفرد الواحد على المراقبة والاستنتاج.

نحمل جميعاً معرفةً مبنيّةً على تصديقٍ أعمى لبعض الأمور؛ لأنّنا لا نستطيع واقعيّاً تجربة كلّ عبارةٍ يطلقها الآخرون. عندما أخبرك بأنّ للبروتون مقابلاً من المادّة المُضادّة (البروتون المُضاد)، ستحتاج إلى مختبرٍ تصل تكلفته إلى مليار دولار لتتحقّق من صحّة هذه العبارة تجريبيّاً؛ لذا من الأسهل أن تصدّقني وتثق بهذه المعلومة، ومعظم الوقت، عندما يتعلّق الأمر بعالم الفيزياء الفلكيّة حيث أنتمي، أعرف ما أتكلّم عنه. لا يزعجني أنْ تشكّ في الموضوع، في الحقيقة، أنا أشجّعك على ذلك، ولك الحريّة في زيارة أيّ مختبرٍ يضمّ مسرِّع جُسيماتٍ، وسترى المادّة المُضادّة بنفسك، لكنْ ماذا عن تلك الأفكار كلّها التي لا تتطلّب مختبراً باهظ الثمن لاختبارها تجريبيّاً؟ قد تظنّ أنّ الناس في عصرنا الحديث والمتنوِّر الراهن، محصّنون من الأفكار الخاطئة التي يمكن اختبار صحّتها بسهولة.

مع الأسف، ليسوا مُحصَّنين!

إليك الأفكار التالية: نجم الشمال هو النجم الأكثر سطوعاً في سماء اللّيل، والشمس هي نجمٌ أصفر، وما يرتفع إلى الأعلى سينزل بعد ذلك حتماً إلى الأسفل، ويمكنك رؤية ملايين النجوم في سماء اللّيل بالعين المجرّدة، ولا توجد جاذبيّة في الفضاء، وتشير البوصلة إلى الشمال، وتطول الأيّام في الصيف، وتقصر في الشتاء، والكسوف الكامل للشمس أمرٌ نادر الحدوث.

العبارات السابقة كلّها خاطئة.

العديد من الناس (ربّما معظمهم) يصدّقون بعضاً من الأفكار السابقة، وينشرونها بين الآخرين، مع أنّ الإثبات البسيط على خطئها سهل الاستنتاج، والآن، أهلاً بكم إلى محاضرتي الخاصّة «أشياء يقولها الناس»:

نجم الشمال ليس النجمَ الأكثر سطوعاً في سماء اللّيل؛ إنّ سطوعه ليس كافياً حتّى لنضعه في قائمة النجوم الأربعين الأكثر سطوعاً، وربّما يخلط الناس بين النجم الأكثر شُهرةً وبين النجم الأكثر سطوعاً، وعند التحديق في السماء الشماليّة، نرى ثلاثةً من النجوم السبعة لمجموعة الدبّ الأكبر، بما فيها نجم «المشير»، أكثر سطوعاً من نجم الشمال الذي يقع على بُعد ثلاث قبضات عنها؛ لا يوجد عذرٌ لهذا الخطأ.

وبصرف النظر عمّا سمعته كلّه من الناس سابقاً، فالشمس نجمٌ أبيض، وليس أصفر، فإدراك الإنسان للألوان أمرٌ معقّدٌ، لكنْ لو كانت الشمس صفراء اللّون، مثل المصباح الكهربائيّ الأصفر، لعكست الأجسام بيضاء اللون – مثل الثلج- الضوء وظهرت بلونٍ أصفر. لِمَ يعتقد الناس أنّ الشمس صفراء؟ لا يمكن النظر إلى الشمس في منتصف النهار؛ لأنّها ستؤذي العين؛ أمّا في وقت الغروب، عندما تنخفض الشمس نحو الأفق ويشتّت الغلاف الجويّ الضوء الأزرق بأعلى نسبةٍ، فإنّ كثافة ضوء الشمس تخفت على نحوٍ ملحوظٍ، ويضيع الضوء الأزرق من الطيف الشمسيّ في الشفق، تاركاً الضوء الأصفر، والبرتقاليّ، والأحمر، للقرص الشمسيّ، وتغذّي ألوان الشفق هذه سوء إدراك الناس للمعلومة الصحيحة.

هل ما يرتفع إلى الأعلى لا بدّ من أن ينزل إلى الأسفل؟ الأشياء كلّها التي وصلت إلى سطح القمر من مركبات، وكرات غولف، وأعلام، وبقايا مسابير فضائيّة متحطّمة، ستبقى هناك إنْ لم يصعد أحدٌ إليها وينزلها إلى الأسفل، ولن تعود أيّة واحدةٍ منها إلى الأرض وحْدها أبداً. إنْ أردتَ أن تصعد إلى الأعلى، ولا تعود إلى الأسفل، فما عليك فعله كلّه هو السفر بسرعةٍ تتجاوز 7 أميال في الثانية، ويمكن للجاذبيّة الأرضيّة أن تبطئ من حركتك، لكنْ لا يمكنها أن تنجح في عكس اتّجاه حركتك وإجبارك على العودة إليها.

بالنسبة إلى النجوم التي نراها في سماء اللّيل، فإنْ لم تكن حدقتا عينيك بحجم عدسات منظارٍ فلا يمكنك أن ترى أكثر من 5، أو 6 آلاف نجمٍ في السماء، من أصل مئة مليار نجمٍ في درب التبّانة، مهما كان موقعك على الأرض. جرّب الأمر في ليلةٍ ما. وبالطبع يقلّ هذا العدد كثيراً بوجود القمر، الذي إنْ كان مكتملاً لن ترى أكثر من بضع مئات من النجوم الأكثر سطوعاً.

أمّا عن فكرة انعدام الجاذبيّة في الفضاء، فيمكنني أنْ أخبرك بالآتي: خلال برنامج أبولو للفضاء، عندما كانت إحدى الرحلات في طريقها إلى القمر، علّق المذيع التلفزيونيّ محدّداً

إحدى لحظات الرحلة: «غادر روّاد الفضاء حقل الجاذبيّة الأرضيّ». حسناً، لو فكّرنا قليلاً فقط في صحّة هذه العبارة نجد: ما دام روّاد الفضاء في طريقهم إلى القمر، والقمر يدور حول الأرض، فإنّ جاذبيّة الأرض تمتدّ على الأقل وصولاً إلى القمر. في الواقع، جاذبيّة الأرض والأجسام الأُخرى جميعها في الكون تمتدّ بلا حدود، وإنْ كانت قوّتها تتلاشى مع الابتعاد عن مركز الجاذبيّة، وكلّ بقعةٍ في الفضاء تتأثّر بقوى جاذبيّة لا تُحصى في الاتّجاهات جميعها للأجسام كلّها في الكون. بالنسبة إلى ما قاله المذيع، فإنّه يعني: أنّ روّاد الفضاء وصلوا إلى النقطة التي تفوق فيها جاذبيّةُ القمر جاذبيةَ الأرض، وفي هذه الرحلة، كانت مهمّة الصاروخ ساتورن5 ذي المراحل الثلاث أنْ يعطي وحدة القيادة السرعة الابتدائيّة الكافية لتصل إلى هذه النقطة في الفضاء، وبعدها يحدث تسارعٌ تلقائيٌّ باتّجاه القمر، وهذا ما حدث؛ الجاذبيّة موجودةٌ في كلّ مكان.

يعرف الجميع أنّه في المغناطيسيّة يتجاذب القطبان المتعاكسان بينما يتنافر القطبان المتماثلان، لكنّ تصميم البوصلة مبنيٌّ على أنّ النصف الممغنط من الإبرة باتّجاه «الشمال» يشير إلى القطب الشماليّ المغناطيسيّ للأرض، والطريقة الوحيدة ليصحّ ذلك (أن تشير الجهة الشماليّة للبوصلة إلى القطب الشماليّ للأرض) هو أن يكون قطبا الأرض المغناطيسيّان معكوسين؛ الشماليّ في الجنوب، والجنوبيّ في الشمال، إضافةً إلى ذلك، لا يوجد قانونٌ فيزيائيٌّ محدّدٌ يقتضي توافقاً دقيقاً بين القطبين المغناطيسيّين لجسمٍ ما مع قطبيه الجغرافيّين، كما ينفصل القطبان الجغرافيّان عن القطبين المغناطيسيّين للأرض بمسافة 800 ميل، ما يجعل الاعتماد على البوصلة في الإبحار شمال كندا أمراً لا جدوى منه.

بما أنّ أوّل يومٍ في الشتاء هو اليوم الأقصر خلال السنة، فلا بدّ من أنّ الأيّام التي تليه تزداد طولاً، وعلى نحوٍ مماثلٍ، بما أنّ أوّل يومٍ في الصيف هو أطول يومٍ في السنة، فلا بدّ من أنّ الأيّام التي تليه تزداد قِصراً، وهذا بالطبع هو عكس ما يعتقده معظم الناس ويتحدّثون به.

في المتوسّط، يمرّ القمر كاملاً أمام الشمس كلّ عامين في مكانٍ ما على سطح الأرض، ما يُحدِث كسوفاً كاملاً للشمس. إنّ هذا الحدث يتكرّر أكثر من الألعاب الأولمبيّة، ومع ذلك لا نقرأ عناوين رئيسة في الصحف مثل: «تُقام ألعاب أولمبيّة نادرة هذه السنة»! ربّما كان الاعتقاد بندرة حوادث الكسوف الكليّ يعود إلى حقيقةٍ بسيطةٍ: يُرى الكسوف الكليّ من مناطق مختلفةٍ على الأرض، لكنْ ليُرى من المنطقة ذاتها قد يمرّ نصف ألفيّةٍ من الأعوام؛ هذا صحيح، لكنّه ليس سبباً قويّاً لهذا الاعتقاد الخاطئ، فالكسوف الكليّ للشمس يُرى خلال الزمن من مناطق الأرض جميعها، إلّا أنّ بعض الأماكن (مثل: الصحراء الكبرى، أو القارّة القطبيّة الجنوبيّة) لم تستضِف الألعاب الأولمبيّة من قبل، وغالباً لن تفعل.

أتريد المزيد من الأفكار الخاطئة؟ تكون الشمس في منتصف الظهيرة عَموديّةً فوق الرأس مباشرةً. تشرق الشمس من الشرق، وتغرب في الغرب، ويظهر القمر في اللّيل، وفي الاعتدالين: الربيعي، والخريفي، يتساوى اللّيل والنهار باثنتي عشرة ساعة لكلٍّ منهما، والصليب الجنوبيّ هو كوكبةٌ نجميّةٌ مميّزة؛ هذه العبارات كلّها خاطئة.

لا يوجد وقتٌ في اليوم، ولا يومٌ في السنة، ولا مكانٌ في قارّة الولايات المتّحدة الأمريكيّة تكون الشمس فيه عَموديّةً فوق الرأس مباشرةً، وعند منتصف الظهيرة، لا يكون للجسم أيّ ظلٍّ، فقط من يعيش في مساحةٍ محصورةٍ بين خطّي العرض 23.5 شمال وجنوب خطّ الاستواء يمكنه رؤية ذلك في الواقع، وحتّى في هذه المنطقة، تصل الشمس فوق الرأس مباشرةً في يومين فقط من السنة، وموقع شمس منتصف الظهيرة -مثل سطوع نجم الشمال ولون الشمس- أوهامٌ جماعيّة.

بالنسبة إلى أيّ شخصٍ على الأرض، تشرق الشمس في الشرق، وتغرب في الغرب في يومين فقط من السنة: أوّل أيّام الربيع، وأوّل أيّام الخريف، وبالنسبة إلى الأيّام الأُخرى في السنة، وبالنسبة إلى كلّ شخصٍ آخر، تشرق الشمس وتغرب من مكانٍ مختلفٍ في الأفق، وعند خط الاستواء، يختلف شروق الشمس عبر 47 درجة على الأفق الشرقيّ، ومن خطّ العرض الذي يعبر مدينة نيويورك (41 درجة شمالاً، الموقع نفسه لمدريد وبكّين) يشغل شروق الشمس امتداداً أكثر من 60 درجة، وفي لندن (51 درجة شمالاً) يشغل شروق الشمس قرابة 80 درجة، وفي القطبين: الشماليّ، والجنوبيّ، يمكن للشمس أن تشرق من الشمال والجنوب، بامتدادٍ يصل إلى 180 درجة.

يظهر القمر أيضاً في النهار، وما يتطلّبه الأمر كلّه أن تنظر بتمعّنٍ إلى السماء وستلْحظ أنّه يظهر في النهار كما يظهر في اللّيل تقريباً.

ولا يتساوى اللّيل والنهار باثنتي عشرة ساعة لكلّ منهما في يومي الاعتدالين: الربيعي، والخريفي. يمكنك التحقّق من توقيت شروق الشمس وغروبها في هذين اليومين؛ حيث لا ينقسم اللّيل والنهار إلى اثنتي عشرة ساعة متساوية، فالنهار هو الفائز دائماً، واعتماداً على موقعك بالنسبة إلى خطوط العرض، يكون النهار أطول بسبع، أو ثماني دقائق عند خطّ الاستواء، بينما تصل زيادته عن ساعات اللّيل إلى نصف ساعةٍ في الدائرتين القطبيّتين: الشماليّة، والجنوبيّة. على من نلقي اللّوم في هذا الموضوع؟ يقدِّم الانكسار في أشعّة الشمس -خلال مرورها في الفضاء بين الكواكب وصولاً إلى الغلاف الجويّ الأرضيّ- صورةً لظهور الشمس فوق الأفق قبل دقائق من الشروق الفعليّ، وبالتوافق مع هذه المعلومة، فإنّ الشمس تغرب قبل دقائق من

رؤيتك لغروبها، وعادةً يُقاس شروق الشمس بظهور الحافة العليا للقرص الشمسيّ عند الأفق؛ وغروبها باختفاء الحافة العليا تحت خطّ الأفق. المشكلة هي أنّ الحافتين العلويّتين هُما نصفان متعاكسان؛ لذلك تقدّمان عرضاً إضافياً لقرص الشمس عند حساب وقت الشروق والغروب.

تستحقّ كوكبة الصليب الجنوبيّ جائزة الكوكبة الأشهر من بين كوكبات النجوم الثماني والثمانين التي عرفها الاتّحاد الفلكيّ الدوليّ. عند سماعنا الحكايات عن الكوكبة، والأغاني التي كُتبت عنها، ورؤيتها على الأعلام الوطنيّة لأستراليا، ونيوزيلاندا، وساموا الغربيّة، وبابوا غينيا الجديدة، قد تعتقد أنّنا في نصف الكرة الشماليّ محرومون بطريقةٍ ما. لا، لسنا كذلك؛ أوّلاً: لا حاجة بنا إلى السفر إلى نصف الكرة الأرضيّة الجنوبيّ لرؤية الصليب الجنوبيّ، فرؤيته واضحةٌ (مع أنّه منخفضٌ في السماء) من مناطق شماليّة بعيدة، مثل: ميامي في فلوريدا؛ هذه الكوكبة هي الأصغر في السماء، يمكن لقبضتك أن تغطّيها تماماً، وشكلها ليس مثيراً للاهتمام أيضاً. إنْ أردت يمكنك رسم مستطيلٍ من خلال الوصل بين النقاط، وستستعمل عندها أربعة نجوم، كما يمكنك رسم صليبٍ بخمسة نجومٍ، أربعة لرؤوس العارضتين، والنجم الخامس في نقطة تقاطعهما، لكنّ الصليب الجنوبيّ مكوّنٌ من أربعة نجومٍ فقط، فهو يشبه الطائرة الورقيّة، أو مستطيلاً معوجّاً، لكنْ بما أنّ الحضارة الغربيّة اكتسبت المعرفة التقليديّة للكوكبات النجميّة من مُخيِّلة الحضارات البابليّة، والكلدانيّة، واليونانيّة، والرومانيّة، وهي الحضارات ذاتها التي يزخر تاريخها بحكايا الآلهة، ونزاعات حياتهم الاجتماعيّة، وبما أنّ هذه الحضارات جميعها في نصف الكرة الأرضيّة الشماليّ، لم يكن لكوكبات السماء الجنوبيّة وجود قويّ فيها، ولم تكتسب أيّ ارتباطٍ بالأساطير القديمة، حتّى إنّ العديد منها لم تُمنح أسماء إلّا خلال 250 سنة الفائتة. في الشمال، لدينا كوكبة الصليب الشماليّ، المكوّنة من خمسة نجومٍ تناسب شكل الصليب، وتشكّل مجموعة فرعيّة من الكوكبة الأكبر الطير، أو البجعة[1]، التي تسبح في الفضاء جنباً إلى جنبٍ مع درب التبّانة، وكوكبة الطير أكبر بنحو اثنتي عشرة مرّة من كوكبة الصليب الجنوبيّ.

عندما يصدِّق الناس أمراً يتعارض مع دليلٍ يمكن اختباره ذاتيّاً، فإنّني أراهم يسيئون تقدير قيمة الدليل في نظام المعرفة الباطنيّ الكليّ. لِمَ يحدث ذلك، وما الذي يجعل الكثير من الناس يتمسّكون بأفكارٍ ومفاهيمَ قائمةٍ أساساً على الافتراض حتّى عندما لا يكون واضحاً؟ لكنْ لم يضِع الأمل كلّه بعد.

أحياناً، يقول الناس أشياء تصحُّ في كلّ وقت؛ أحد هذه الأقوال المفضّلة عندي: «أينما تذهب، ستحمل نفسك معك»، وما يقابلها في حِكَم الزن: «إنْ كنت هنا، فأنت حتماً لست هناك».

(1) تسمّى أيضاً في العربيّة كوكبة الدجاجة. (م).

- 35 -

الخوف من الأرقام

لا نعرف حتّى الآن الرسم البيانيّ للطرق الكهروكيميائيّة كلّها في دماغ الإنسان، لكنْ هناك شيءٌ مؤكّدٌ؛ التفكير المنطقيّ ليس موجوداً طبيعيّاً فيه، لو كان موجوداً في تكوينه، لأصبحت الرياضيّات أسهل مادّةٍ تعليميّةٍ للطالب متوسّط الذكاء في المدرسة.

في كونٍ موازٍ يكون فيه التفكير المنطقيّ جزءاً من تكوين الدماغ، لا حاجة لتعليم الرياضيّات على الإطلاق؛ لأنّ أُسسها ومبادئها ستكون مُثبَتةً ذاتياً لأيّ طالبٍ محدود القدرة، لكنْ في كوننا الحقيقيّ لا يصحُّ ذلك. يمكنك بالطبع أنْ تعلِّم معظم الناس التفكير المنطقيّ لبعض الوقت، وأنْ تعلِّم بعضهم التفكير المنطقيّ الوقت كلّه؛ فالدماغ الإنسانيّ عضوٌ مرنٌ مدهشٌ في هذا المجال، لكنْ لا يحتاج الناس عموماً إلى أن تعلِّمهم الأفعال العاطفيّة مثلاً؛ فنحن نولد باكين، ونضحك منذ كنّا أطفالاً صغاراً.

لا نتطوّر في الأرحام لنعُدَّ الأشياء من حولنا، فالأعداد المألوفة لنا لا توجد في المادّة الرماديّة من دماغنا. كان على الناس اختراع الأرقام وبناء نظامها عندما ظهرت حاجاتٌ جديدةٌ نتيجة التعقُّد الزائد للحياة والمجتمع، في عالَم الأشياء القابلة للعدّ، نتّفق جميعاً على أنّ 2+3=5، لكنْ ما ناتج 2-3؟ كي لا يكون الجواب: «لا معنى لذلك»، يجب على أحدهم اختراع مجموعةٍ جديدةٍ من الأعداد؛ الأعداد السالبة، وبمتابعة ذلك: نعرف جميعاً أنّ نصف 10 هو 5، لكنْ ما نصف 5؟ ولإعطاء معنى لهذا السؤال أيضاً، على أحدهم اختراع الكسور، وهي مجموعةٌ جديدةٌ أُخرى من الأعداد، وباستمرار هذه العمليّة العدديّة، نحصل على المزيد من المجموعات الجديدة المُبتكَرَة: الأعداد التخيليّة، والأعداد غير الكسريّة، والأعداد المتسامية، والأعداد المعقّدة، وغيرها، ولكلٍّ من هذه المجموعات تطبيق محدّد، وأحياناً فريد، في العالَم الفيزيائيّ الذي نكتشفه من حولنا منذ فجر الحضارة.

وُجد الأشخاص الذين يكتشفون الكون منذ البداية، وكأحد أفراد هذا العِلم، فإنّني أؤكّد لكم أنّنا قمنا بتبنّي واستعمال مجموعات الأرقام كلّها، بالطرائق كلّها في دراستنا للسماء، كما أنّنا نستحضر دائماً بعض أصغر الأعداد وأكبرها، أكثر ممّا يفعل أيّ عِلمٍ آخر، ويظهر تأثير هذا الأمر حتّى في لغة الناس الشائعة؛ فعند الحديث عن رقمٍ كبيرٍ لا يُقاس، مثل الدَّين العام الوطنيّ، لا يُدعى رقماً بيولوجيّاً، أو كيميائيّاً، بل رقماً فلكيّاً؛ ولذا من الواضح أنّ علماء الفيزياء الفلكيّة لا يخافون الأرقام.

بعد آلاف السنين من الثقافة، ما الدرجة التي اكتسبها المجتمع الإنسانيّ في الرياضيّات؟ وبدقّةٍ أكبر، ما الدرجة الرياضيّة التي يمكن أن نعطيها للأمريكيّين، أفراد الثقافة الأكثر تطوّراً في التكنولوجيا في العالم بأكمله؟

لنبدأ بالطائرات: معظم ركّاب الخطوط الجويّة يعانون الخوف -الذي يعود أصله إلى القرون الوسطى- من الرقم 13، ولا يوجد صفّ مقاعد في الطائرة يحمل الرقم 13، يوجد ببساطة صفٌّ برقم 12، يليه صفٌّ برقم 14. ماذا عن المباني؟ في 70% من الأبراج على طول شارع برودواي في مانهاتن، لا يوجد طابقٌ يحمل الرقم 13، ولا أملك معلوماتٍ دقيقةً عن المباني كلّها في الولايات المتّحدة، لكنْ من خبرتي في المباني التي أدخلها، أظنّ أنّ نصفها خالٍ من الدور رقم 13، وإذا نظرت إلى أرقام أزرار المصعد، ستجد الدور 14 يلي الدور 12 مباشرةً، ونجد هذه الدُّرْجة في المباني القديمة كما في الجديدة، وفي بعض المباني، تجري محاولة إخفاء هذا التشاؤم بوضع مصعدين: أحدهما يصل بين الأدوار من 1 إلى 12، بينما يبدأ الآخر من الدور 14 إلى الأعلى. كان المبنى الذي ترعرعتُ فيه أيضاً، في برونكس، يضمّ مصعدين: أحدهما بأرقام الأدوار الفرديّة، والآخر بأرقام الأدوار الزوجيّة، وكانت الأرقام الفرديّة أيضاً تقفز من 11 إلى 15 مباشرةً، وتقفز الأرقام الزوجيّة من 12 إلى 16. يبدو أنّه بالنسبة إلى المبنى الذي أقطن فيه لا يمكن تجاوز دورٍ فرديٍّ واحد (13) من دون الإخلال بخطّة الأعداد الفرديّة والزوجيّة للأدوار، لذا كان الإغفال الصارخ للدورين 13، و14، وبالطبع هذا يعني أنّ المبنى الذي أقطن فيه كان بارتفاع 20 دوراً عوضاً عن 22.

في المباني التي تضمّ أدواراً تحت الأرض، نجد أسماء هذه الأدوار: B، SB، P، BL، LL. ربّما كانت هذه الأسماء موضوعةً لتشغل تفكير الشخص الذي ينزل في المصعد بينما يصل إلى وجهته. في الواقع، هذه الأسماء هي بديل عن الأرقام السلبيّة، فالدور الأوّل تحت الأرض يجب أن يُرقَّم (-1)، والثاني (-2) وهكذا، لكنّ الخوف من الأرقام السلبيّة تسبّب بأن تُستبدل بها الأحرف التي تدلّ على: القبو، القبو الفرعيّ، المرآب، القبو الأخفض، المستوى الأخفض، بينما لا

نجد على أزرار المصعد للأدوار فوق الأرض أحرفاً عوضاً عن الأرقام تدلّ على أسمائها: الأرضيّ، فوق الأرضيّ، الأرضيّ المرتفع، الأرضيّ المرتفع جدّاً، السطح الفرعيّ، السطح.

من حيث المبدأ، ليس علينا أن نخاف الأرقام السالبة، كما في فندق رون في جنيف في سويسرا، حيث توجد الأرقام -1 و-2 على أزرار المصاعد بدون خوف، وفي الفندق الوطنيّ في موسكو أيضاً؛ حيث نرى الأدوار ذات الأرقام 0 و-1.

يمتدّ خوف الأمريكيّين من الأعداد السالبة إلى الخوف حتّى من عمليّة الإنقاص، مثلاً: عوضاً عن القول: «سننقص لك 1,000 دولار من سعر السيّارة». يُقال: «سنعيد إليك مبلغ 1,000 دولار». كذلك في تقارير المحاسبة للشركات الكبرى نجد هذا الخوف من الأعداد السالبة منتشراً، وأحياناً تُكتب الأعداد السالبة بين قوسين، بدون إشارة «-»، لتمييزها عن الأعداد الأُخرى، حتّى إنّ كتاب بريت ايستون إيليس الناجح عام 1985، الذي يتتبّع حياة مراهقين من لوس أنجلوس فقدوا ثراءهم، كان عنوانه: «أقلّ من الصفر»، عوضاً عن أن يكون ببساطة: «سلبي».

وكما نختبئ من الأعداد السلبيّة، فإنّنا نختبئ من الكسور؛ مؤخّراً، بدأت الشركات في بورصة نيويورك بتسجيل المبالغ بأرقام عشريّة عوضاً عن كسورٍ مزعجةٍ، على الرغم من أنّ النقود الأمريكيّة تقاس بنظامٍ عشريّ، مثلاً: إنْ كان سعر شيءٍ ما 1.50 دولاراً نقول: دولار واحد وخمسون سنتاً، ونجد ذلك في بريطانيا أيضاً، فالأسعار تُقاس بالباوند والشيلينغ.

عندما بلغت ابنتي عمر 15 شهراً، اعتدت أن أقول: إنّها الآن في عُمْر 1.25 سنة، وكان الناس ينظرون إليّ حينها برُعبٍ، كأنّني تفوّهت بلعنةٍ ما.

نجد أيضاً الخوف من الأرقام العشريّة شائعاً في توقّعات الفوز في الألعاب الشعبيّة؛ حيث يكون الاحتمال دائماً منسوباً إلى العدد 1، مثلاً: احتمال الفوز على الحصان الرابح سابقاً في سباق الخيل التاسع في بيلمونت هو 28 إلى 1، واحتمال الفوز على الحصان الثاني هو 7 إلى 2، لكنْ لِمَ ليس إلى 1؟ لأنّه في الواقع هو 3.5 إلى 1، لكنّه يُقرأ 7 إلى 2 هرباً من الرقم العشريّ 3.5 الذي سيثير هلع الجميع في حلبة السباق الخائفين من الأعداد العشرية.

بعد ما سبق، أعتقد أنّه بإمكاني أن أعيش بدون أرقامٍ كسريّةٍ في الحديث اليومي، وبدون أدوارٍ ذات أرقامٍ مخفيّةٍ في المباني، لكنْ هناك مشكلة أكبر من ذلك، وهي القدرة المحدودة للعقل البشريّ على فهْم عظَمَة الأعداد الكبيرة:

إذا قمتَ بالعدّ بمعدّل رقمٍ في كلّ ثانية، ستحتاج إلى 12 يوماً لتصل إلى العدد مليون، و32 سنة لتصل إلى المليار؛ أمّا لتصل إلى التريليون فتحتاج إلى 32,000 سنة؛ أي: ما يعادل الزمن الذي انقضى منذ رسم الإنسان أولى خطوطه على جدران الكهوف.

إن وضعتَ شطائر الهمبرغر التي باعتها سلسلة مطاعم ماكدونالد حول العالم، التي يبلغ عددها مئة مليار، واحدةً بجانب الأُخرى، فإنّها تكفي لتحيط بالكرة الأرضيّة 230 مرّة، وسيتبقى أيضاً ما يكفي لتشكيل عمودٍ يصل من الأرض إلى القمر جيئةً وذهاباً.

في آخر اطّلاعٍ لي فإنّ ثروة بيل غيتس، مؤسّس شركة مايكروسوفت، تصل إلى 50 مليار دولار، إذا كان الموظف العاديّ ذو الدخل المتوسّط، يلتقط في أثناء مشيه مسرعاً ربع دولار عن الرصيف، لكنّه يتجاهل قطعة العشر سنتات، فسيكون المبلغ المقابل (بالنسبة إلى متوسط ثروة الموظف العادي) الذي يجب أن يتجاهله غيتس إن رآه مرمياً على الرصيف هو 25,000 دولار.

تُعدّ هذه العمليّات الحسابيّة عديمة الأهميّة لعلماء الفيزياء الفلكيّة، لكنّ الناس العاديّين لا يفكّرون بأيٍّ من هذه الأمور. ما ثمن هذا الإهمال؟ في عام 1969 صُمّمت المسابير الفضائيّة وأُطلِقَت لترسم عقدين من استكشاف الفضاء بين الكواكب في نظامنا الشمسيّ، وكانت المهامّ: ابيونير، وفوياجر، وفايكينغ، جزءاً من هذه الحقبة، وكذلك مستكشف المرّيخ مارس أوبزرفر الذي فُقِد عند وصوله إلى الغلاف الجويّ للمرّيخ عام 1993.

استغرق تصميم وبناء كلّ واحدةٍ من هذه المركبات سنواتٍ طويلة من العمل الدؤوب، وحملت كلّ منها طموحاً لتوسيع آفاق وأعماق الأهداف العلميّة، وكلّفت دافعي الضرائب بين مليار ومليارَي دولار، وخلال التغييرات في إدارة وكالة ناسا في التسعينيّات، قُدِّمَ نموذجٌ «أسرع، وأقلّ تكلفةً، وأفضل» لنوعٍ جديدٍ من المركبات الفضائيّة التي تكلِّف قرابة 100 إلى 200 مليون دولار، وبخلاف المركبات السابقة، بإمكان المركبات الجديدة أن تُصمَّم بسرعة، ما يمنح البرامج الفضائيّة قدرةً أكبر على التحديد الدقيق لأهداف المهامّ العلميّة، وبالطبع ستنخفض الخسارة والضرر الناتجان عن إخفاق إحدى هذه المهامّ بالنسبة إلى برنامج الاكتشاف كلّه.

في عام 1999، أخفقت اثنتان من هذه المهامّ إلى المرّيخ، ما تسبّب بخسارةٍ لمصلحة الضرائب بلغت 250 مليون دولار، ومع ذلك، كان ردّ الفعل الشعبيّ سلبيّاً كما كان بالنسبة إلى خسارة مليار دولار في مهمّة مستكشف المرّيخ عام 1993؛ حيث تناولت وسائل الإعلام الخبر على أساس أنّ 250 مليون رقمٌ هائلٌ ليُهدر، وأنّ وكالة ناسا ارتكبت خطأً كبيراً، وكانت النتيجة أنْ جرى التحقيق مع إدارة الوكالة في جلسة استماعٍ في الكونغرس.

ليس دفاعاً عن الإخفاق، لكنّ 250 مليون دولار ليس مبلغاً أكبر بكثيرٍ من تكلفة فيلم كيفن كوستنر *Waterworld*، ويعادل أيضاً تكلفة يومين لمكّوكٍ فضائيٍّ يدور حول الأرض، ويعادل أيضاً خُمس تكلفة مهمّة مستكشف المرّيخ الضائعة، وبدون هذه المقارنات، وبدون التذكير بأنّ هذا الإخفاق كان بعد اعتماد نموذجٍ «أسرع، وأقلّ تكلفةً، وأفضل» الذي ينتشر فيه الخطر بين

المهامّ المتعدّدة، سيستمرّ الناس بالانفعال أمام مبلغ مليون دولار، كانفعالهم أمام مبلغ مليار دولار، وتريليون دولار.

لم يذكر أحدٌ أنّ خسارة 250 مليون دولار مساويةٌ لأن يخسر كلّ شخصٍ في الولايات المتّحدة دولاراً واحداً. يمكنك أن ترى مبلغاً كهذا، على شكل سنتات، مرمياً على طول الشوارع والطرق في الولايات المتّحدة، من دون أن ينحنيَ أيّ شخصٍ لالتقاط أيٍّ منها.

- 36 -

عن الحيرة

ربّما كان السبب هو الحاجة إلى شدّ انتباه القرّاء، ربّما يحبّ الجمهور أن يستمع إلى القصص النادرة التي يكون فيها العلماء عاجزين، وكيف لكاتبٍ علميٍّ ألّا يكتب مقالاً عن الكون بدون أن يصف علماء الفيزياء الفلكيّة الذين قابلهم بأنّهم كانوا في «حَيرةٍ» أمام اكتشافٍ حديثٍ ما؟

تثير الحَيرة العلميّة فضول الصحفيّين، وغالباً ما تكون اهتماماً رئيساً في التغطية الإعلاميّة للأحداث العِلميّة. تصدّر خبر وجود «جرمٍ كونيٍّ غامض الطيف» الصفحة الأولى في صحيفة نيويورك تايمز في آب عام 1999 (ويلفورد 1999)، وذُهِل أشهر علماء الفيزياء الفلكيّة، وعلى الرغم من النوعيّة العالية للبيانات (حيث جرى الرصد في مرصد كيك في هاواي، أقوى مرصدٍ في العالم)، لم يُعرف نوع الجرم إنْ كان كوكباً أم نجماً، أو مجرّة. تخيّل أن يكتشف علماء الأحياء التسلسل الجينيّ لنوعٍ مكتَشفٍ حديثاً من الحياة، ولا يتمكّنوا من تحديده إن كان نباتاً أم حيواناً! بسبب هذا الجهل، لا تحتوي أيّة كلمةٍ في المقال المؤلّف من 2,000 كلمةٍ على أيّ تحليلٍ، أو دليلٍ، أو عِلم.

في هذه الحالة بالذات، عُرِّفَ الجرم على أنّه مجرّةٌ غريبةٌ، لكنْ بعد أنْ قرأ الملايين من القرّاء: «صرّح أهم علماء الفيزياء الفلكيّة بأنّهم لا يعرفون ماهيّته»، ينتشر هذا التصريح بسرعةٍ، ويشوّه على نحوٍ صارخٍ حالتنا العقليّة السائدة. لو أخبر كاتب المقال الحقيقة كلّها، لظهرت في المقال عبارة: «لكنّ علماء الفيزياء الفلكيّة كلّهم يقعون في الحَيرة كلّ يومٍ في رحلة اكتشاف الكون». سواء ظهرت أبحاثهم في العناوين الرئيسة للصحف أم لم تظهر.

لا يمكن للعلماء أن يدّعوا أنّهم على حدود العلم إنْ لم يكن هناك شيءٌ ما يثير حَيرتهم، فالحَيرة تقود إلى الاكتشاف.

يصف الفيزيائيّ المشهور ريتشارد فاينمان، بكلّ تواضعٍ، أنّ اكتشاف القوانين الفيزيائيّة يشبه مراقبة لعبة شطرنج بدون عِلمٍ مسبقٍ بقواعد اللّعبة، والأصعب من ذلك، أنّك لا ترى الحركات على نحوٍ منفصّلٍ ومتسلسل، وما باستطاعتك فعله كلّه هو استراق النظر إلى اللّعبة المتشابكة بين حينٍ وآخر، مع هذا العائق الفكريّ، تكون مهمّتك استنتاج قواعد الشطرنج، وستلْحظ أنّ الفيل يتحرك على مربّعاتٍ من لونٍ واحدٍ، وأنّ الجنود يتحرّكون مربّعاً تلو الآخر، وأنّ الملكة[1] تُخشى من بقيّة أحجار الرقعة، لكنْ ما الذي ستلْحظه في وقتٍ متأخّرٍ من اللّعبة عندما لا يبقى سوى بضعة جنود؟ ربّما تعود إلى الوراء وترى أحد الجنود يخرج من الرقعة بينما تحتلّ الملكة مكانه، وستحاول تفسير هذا. يتّفق معظم العلماء على أنّ قوانين الكون، كيفما ظهرت لنا خلال حياته الأبديّة؛ معقّدةٌ أكثر بكثير من قواعد الشطرنج، وستبقى منبعاً لا ينضب للحَيرة.

لا يقع العلماء كلّهم في الحَيرة بالوتيرة نفسها كما يحدث لعلماء الفيزياء الفلكيّة، ولا أعتقد أنّنا أكثر غباءً من بقيّة العلماء، مع أنّ بعضهم يفترض ذلك. أرى أنّ حَيرة علماء الفيزياء الفلكيّة تنبع من عظمة حجم الكون ومدى تعقّده، وبهذا القياس، يتشارك علماء الفيزياء الفلكيّة مع علماء الأعصاب؛ فيؤكّد علماء الأعصاب -بدون تردّدٍ- أنّ ما لا يعرفونه عن دماغ الإنسان يفوق بكثيرٍ ما يعرفونه؛ لذا تُنشر سنويّاً العديد من الكتب الشعبيّة عن الكون وعن الوعي الإنسانيّ؛ لأنّه ما من أحدٍ قد فهمها بأكملها بعد، ويمكن أن نضمّ إلينا أيضاً علماء الأرصاد الجويّة؛ تحصل الكثير من الأحداث في الغلاف الجويّ الأرضيّ، وتؤثّر على الطقس، حتّى إنّها لمعجزةٌ أن يتمكّن علماء الأرصاد الجويّة من توقّع أيّ شيءٍ بدقّة، ومذيعو الأخبار الجويّة هُم الأشخاص الوحيدون في نشرة الأخبار على التلفاز الذين يُنتظر منهم أن يتوقّعوا الأحداث عوضاً عن أن يُذيعوا خبر حدوثها. إنّهم يحاولون جاهدين، لكنْ ما يمكنهم فعله كلّه في النهاية هو تحديد حَيرتهم بعباراتٍ مثل: «نسبة هطول الأمطار 50%».

هناك أمرٌ وحيدٌ مؤكّد؛ كلّما ازددت حَيرةً في حياتك، توسّع أفقك لإيجاد أفكارٍ جديدة، ولديّ دليلٌ في متناول يدي على هذا الأمر.

في حوارٍ في إحدى حلقات برنامج تشارلي روز، ناقشتُ عالِم أحياء مشهوراً حول أدلّةٍ تشير إلى وجود حياةٍ فضائيّةٍ في شقوق النيزك المرّيخيّ المشهور ALH84001، هذا المسافر بين الكواكب، الذي يشبه حبّة البطاطا حجماً وشكلاً، قُذِف من سطح المرّيخ بسبب اصطدام كويكبٍ

(1) أو الوزير في المنطقة العربيّة. (م).

يحمل طاقةً عالية، وبالطريقة نفسها التي تُقذف بها الألعاب عن سريرك حين تقفز عليه، ثمّ سافر هذا النيزك عبْر الفضاء بين الكواكب لعشرات الملايين من السنين، ثمّ سقط في القارّة القطبيّة الجنوبيّة، ودُفن في الجليد لقرابة 10,000 سنة، وأخيراً أُكتشف وأُنتشل عام 1984.

قدّمت الورقة البحثيّة الأصليّة عام 1996 -التي أعدّها ديفيد ماك كاي وزملاؤه- مجموعةً من الأدلّة الظرفيّة. يمكن لكلّ عنصرٍ أنْ يُعزى إلى عمليّةٍ غير حيويّةٍ، لكنّ مجموع العناصر معاً يقدّم حُجّةً مقنعةً على وجود حياةٍ على المرّيخ ذات مرّة. كان أحد أكثر الدلائل إثارةً في ورقة ماك كاي -إلّا أنّه فارغٌ علميّاً- هو صورة فوتوغرافيّة للصخرة التُقِطَتْ باستعمال مجهرٍ عالي الدقّة، ويظهر فيها شيءٌ صغيرٌ يشبه الدودة، لكنْ بحجمٍ أقلّ من عُشر حجم أصغر دودةٍ على الأرض. كنت، وما زلت، متحمّساً لهذه النتائج، لكنّ شريكي في البرنامج، عالِم الأحياء، كان يشكّ فيها جدليّاً، وبعد أنْ كرّر جملة كارل ساغان الشهيرة: «تتطلب الافتراضات غير العاديّة أدلّةً غير عاديّة». أعلن أنّ الشيء الصغير الظاهر في الصورة لا يمكن أن يكون حياةً؛ بسبب افتقاره إلى جدار خليّة، وهو أصغر بكثيرٍ من أصغر حياةٍ معروفةٍ على الأرض.

عذراً؟

أعتقد أنّ النقاش كان حول الحياة المرّيخيّة وليس الحياة الأرضيّة التي اعتاد دراستها في المختبر. لا يمكنني تصوّر عبارةٍ محدودةٍ علميّاً أكثر من تلك! هل كنتُ منفتح العقل في هذا النقاش أكثر من اللازم؟ من الممكن بالفعل أن يبلغ انفتاح العقل في تقبُّله لشتى الأمور حدّاً خاطئاً، كما يحدث مع الذين يصدّقون تقارير الأطباق الطائرة المجهولة، أو حوادث الاختطاف من قِبل مخلوقاتٍ فضائيّة، لكنْ كيف يمكن لدماغي أن يختلف إلى هذه الدرجة عن دماغ عالِم الأحياء ذاك؟ ارتاد كلانا الجامعة، واجتزنا مرحلة الدراسات العليا، ثمّ حصل كلانا على درجة أستاذ في مجاله، وكرّسنا حياتنا لنظريّات وأدوات العلم. ربّما لا يكون الجواب بعيداً؛ إذْ يحتفل علماء الأحياء بتنوّع الحياة على الأرض، وبالنطاق الرائع لهذا التنوّع الناجم عن الانتقاء الطبيعيّ، الذي يظهر باختلافٍ في الحمض النوويّ من نوعٍ إلى آخر، لكنْ في نهاية المطاف، وعلى الرغم من هذا التنوّع الهائل، لا يعترفون بأمرٍ مهمّ: أنّهم يتعاملون مع عيّنةٍ علميّةٍ واحدةٍ في الحقيقة، «ألا وهي الحياة على الأرض».

أُراهنُ على أنّ أيّ شكلٍ للحياة في كوكبٍ آخر، إنْ تشكّل باستقلالٍ عن الحياة على الأرض، سيكون أكثر اختلافاً من اختلاف أشكال الحياة الأرضيّة نفسها عن بعضها، ومن ناحيةٍ أُخرى، تُستقى جداول التصنيف والبيانات جميعها في الفيزياء الفلكيّة من الكون بأكمله؛ لهذا السبب

البسيط، تدفع البيانات الجديدة علماء الفيزياء الفلكيّة باستمرار إلى التفكير خارج حدود النمطيّة، وأحياناً تُقصي أجسامنا بالكامل خارج هذه الحدود.

يمكننا أن نذكر أمثلةً من العصور القديمة، لكنْ لا داعي لذلك. فالقرن العشرون يفي بالغرض، وأكثر الأمثلة التالية ناقشناها سابقاً:

عندما اعتقدنا أنّه من الآمن النظر إلى الأعلى نحو كونٍ يعمل بدقّة الساعة، وفق قوانين الفيزياء الكلاسيكيّة الحتميّة، اكتشف ماكس بلانك، وفيرنر هايزنبرغ، وآخرون ميكانيكا الكمّ التي تبيّن أنّ أصغر الأجزاء في الكون لاتخضع للحتميّة حتّى لو كان باقي الكون كذلك.

بعد اعتقادنا أنّ مجرّتنا درب التبّانة، المكوّنة من نجومٍ، وكواكبَ، وسُحُبٍ؛ هي الكون، وجاء إدوين هابل ليكتشف أنّ الأشكال الضبابيّة الحلزونيّة في السماء هي مجرّاتٌ أُخرى، هي «جُزُرٌ كونيّةٌ» تسبح ما وراء حدود نجوم درب التبّانة.

بعد اعتقادنا أنّنا حدّدنا حجم الكون وشكله، اكتشف إدوين هابل أيضاً أنّ الكون يتوسّع، وأنّ المجرّات تتباعد، وإحدى نتائج هذا الاكتشاف كانت أنّ للكون بداية، وهذا مفهومٌ لم يتصوّره أحدٌ من الأجيال السابقة من العلماء.

وبعد اعتقادنا أنّ نظريّتي النسبيّة اللّتين قدّمهما أينشتاين تمكّننا من تفسير الجاذبيّة كلّها في الكون، اكتشف فريتز زفيكي -عالم الفيزياء الفلكيّة في معهد كالتيك- المادّةَ المظلمة، وهي المادّة الغامضة المسؤولة عن 90% من الجاذبيّة في الكون، لكنّها لا تبعث أيّ ضوءٍ، ولا تتفاعل مع المادّة العاديّة، وما تزال المادّة المظلمة لغزاً. عرّف فريتز زفيكي أيضاً صنفاً جديداً من الأجرام الكونيّة، وقام بتحديد صفاته، يُدعى «المُستعِر الأعظم»، وهو نجمٌ ينفجر ويشعُّ طاقةً تعادل مئة مليار شمس.

وبعد مدّةٍ قصيرةٍ من اكتشافنا المُستعِرات العظمى، اكتشف أحدهم انبعاثاً لأشعّة غاما قادماً من حافّة الكون، تفوق قوّته المؤقّتة الطاقة المنبعثة كلّها من الأجرام في الفضاء، سُمّي المُستعِر فوق العظيم.

وبعد أن اعتدنا جهلنا بطبيعة المادّة المظلمة، اكتشفت مجموعتان منفصلتان من الباحثين -الأولى يقودها الفيزيائيّ الفلكي سول برلموتر من جامعة بيركلي، ويقود الثانية الفيزيائيّان الفلكيّان: آدم ريس، وبريان شميدت- أنّ الكون لا يتوسّع فقط، بلْ يتسارع أيضاً. ما سبب ذلك؟ تشير الأدلّة إلى ضغطٍ مجهول المصدر في فراغ الفضاء يعمل باتّجاهٍ معاكسٍ للجاذبيّة، وهي مسألةٌ تفوق مسألة المادّة المظلمة غموضاً.

هذه -بالطبع- لمحةٌ من الظواهر المحيِّرة للعقل، التي تتطلّب أنماطاً جديدةً في التفكير،

والتي شغلت علماء الفيزياء الفلكيّة على مدى المئة سنة الفائتة. يمكنني أن أتوقّف هنا عن ذكْر المزيد منها، لكنْ قد أبدو ناسياً، أو مهملاً إنْ لم أذكر اكتشاف النجوم النيوترونيّة، وهي نجومٌ تضغط كتلةً مساويةً لكتلة الشمس في كرةٍ لا تتجاوز عشرات الأميال، يماثل هذا أنْ تحشر 50 مليون فيل في كشتبان الخياط.

بالعودة إلى الحوار التلفزيونيّ بيني وبين عالم الأحياء، لا شكّ في أنّ أنماط تفكيرنا مختلفة؛ لذا يُفهم اختلاف ردود أفعالنا تجاه فكرة الحياة على المرّيخ، إنْ لم يكن هذا الاختلاف متوقّعاً بالكامل.

خشية أنْ أتركك تنهي قراءة هذا الفصل، وأنت تعتقد أنّ أبحاثنا العلميّة لا يمكن تمييزها عن الركض العشوائيّ للدجاج حول القنّ بعد قطع رأسه، سأخبرك أنّ المعارف التي لا يَحارُ العلماء أمامها هائلةٌ وكثيرةٌ، وهي تشكّل معظم محتويات الكتب المدرسيّة في الجامعات، كما تشكّل الفهم المعاصر للعالَم، وكيف يسير، وهي أفكارٌ مفهومةٌ جيّداً، ولا تحتاج إلى المزيد من الأبحاث، ولم تعُد مصدراً للغموض.

أدرتُ ذات مرّةٍ حواراً حول نظريّة «كلّ شيء»، وهي محاولةٌ لتفسير قوى الطبيعة كلّها تحت مظلّةٍ مفاهيميّةٍ واحدة. كان على المنصّة خمسة علماء فيزياء مميّزين، وخلال النقاش أوشكتُ أنْ أقف بين اثنين وصلا إلى حالة شجار. لا بأس في ذلك؛ لم يزعجني الأمر، والدرس الذي نتعلّمه من هذا، أنّه في أيّة مرّةٍ نرى اثنين من العلماء يتناقشان بحدّةٍ حول أمرٍ ما، سنعلم أنّ العالِمَين في حَيرةٍ أمام هذا الأمر. كان الفيزيائيّان حينها يتناقشان حول مزايا وعيوب نظريّة الأوتار، وليس عن أمور مثبّتة بسيطة، مثل: دوران الأرض حول الشمس، أو تغذية القلب للدماغ بالدم، أو سقوط المطر من الغيوم.

- 37 -

آثار أقدام على رمال العِلم

إذا قمت بزيارة متجر الهدايا في متحف هايدن بلانيتاريوم للتاريخ الطبيعيّ في نيويورك، ستجد مختلف أنواع الأدوات المتعلّقة بالفضاء معروضةً للبيع، بعضها أشياء مألوفة، مثل: نماذج بلاستيكيّة لمكّوك الفضاء، ومحطّة الفضاء الدوليّة، ومغانط للثلّاجة بأشكالٍ فضائيّةٍ، وأقلام فيشر الفضائيّة، لكنّ بعضها الآخر غير عاديّ، مثل: مثلّجات مجفّفة فضائيّة، ولعبة مونوبولي فضائيّة، وعبوات ملح وفلفل على شكل كوكب زُحل. من دون أن نذكر الأشياء الغريبة، مثل: ممحاة على شكل تلسكوب هابل، وكرات بشكل صخور المرّيخ، لا بدّ من أن تتوقّع لمكانٍ مثل متحف بلانيتاريوم أن يحوي أشياء كهذه، لكنّ ما يحصل حقّاً، أنّ متجر الهدايا هذا شاهدٌ صامتٌ على أيقونات الاكتشافات الأمريكيّة العلميّة لمدّة نصف قرن.

في القرن العشرين، اكتشف علماء الفيزياء الفلكيّة في الولايات المتّحدة الأمريكيّة المجرّات، وتوسّع الكون، وطبيعة المُستعِر الأعظم، والكوازارات، والثقوب السوداء، وانفجار أشعّة غاما، وأصل العناصر، وإشعاع الخلفيّة الكونيّة الميكرويّ، ومعظم الكواكب المعروفة التي تدور حول نجومٍ أُخرى غير شمسنا. صحيحٌ أنّ الروس وصلوا إلى مكانٍ، أو اثنين قبلنا، إلّا أنّنا أرسلنا مسابرَ فضائيّةً إلى عطارد، والزهرة، والمشتري، وزُحل، وأورانوس، ونبتون، كما هبطت مسابرُ فضائيّةٌ أمريكيّةٌ على المرّيخ، وعلى الكويكب إيروس، ومشى روّاد الفضاء الأمريكيّون على القمر. في الوقت الحاضر، يَعدُّ معظم الأمريكيّين هذه الإنجازات كلّها أمراً مسلّماً به، وهذا عمليّاً هو تعريف الثقافة: أمرٌ يعرفه، أو يفعله الجميع، لكنّه لم يعُد يلقى اهتماماً.

في أثناء التسوّق في المتجر، لم يعُد أمراً مفاجئاً للأمريكيّين أنْ يجدوا ممرّاً كاملاً يعرض أنواعاً مختلفةً من حبوب الإفطار، لكنّ الأجانب يلْحظون هذا الأمر على الفور، تماماً كما يلْحظ

الأمريكيّون الذين يسافرون إلى إيطاليا أنّ المتاجر تعرض أنواعاً عديدةً من المعكرونة، وأنّ الأسواق في الصين واليابان تعرض أنواعاً عديدةً من الأرزّ. يمنحك الجانب الآخر من عدم ملاحظتك لثقافتك الخاصّة متعةً كبيرةً عند سفرك إلى الخارج: إدراك ما لا تلْحظه في بلدك، وملاحظة ما لا تُدركه شعوب البلدان الأُخرى عن أنفسهم.

كثيراً ما يسخر الناس المتكبّرون في دولٍ أُخرى من الولايات المتّحدة الأمريكيّة؛ بسبب تاريخها القصير، وثقافتها الفظّة، خاصّةً عند مقارنتها مع الموروث الذي يمتدّ آلاف السنين في أوروبا، وآسيا، وإفريقيا، لكنْ بعد 500 عامٍ من الآن، سيكتب المؤرّخون أنّ القرن العشرين هو القرن الأمريكيّ، القرن الذي تحتلّ فيه الاكتشافات الأمريكيّة في العلوم والتكنولوجيا منزلةً عاليةً في قائمة الإنجازات العظيمة للإنسانيّة.

من الواضح أنّ الولايات المتّحدة الأمريكيّة لم تحتلّ أعلى مكانٍ في سلّم العِلم دائماً، وليس هناك ما يضمن استمرار التفوّق الأمريكيّ، وبينما تنتقل عواصم العلوم والتكنولوجيا من أمّةٍ إلى أُخرى، ناهضةً في حقبةٍ زمنيّةٍ، وهابطةً في أُخرى، تترك كلّ ثقافةٍ بصمتها في المحاولة المستمرّة للبشر لفهْم الكون ومكانهم فيه، وفي روايات المؤرّخين لمثل هذه الأحداث العالميّة، يمكن بوضوحٍ تتبّع آثار الحقبة التي تحتلّ فيها أمّةٌ ما المسرح المركزيّ للإنجاز الإنسانيّ خلال الإطار الزمنيّ للحضارة.

يؤثّر العديد من العوامل في أسباب وكيفيّة إظهار أمّةٍ ما لبصمتها في تاريخ العِلم الإنسانيّ، فالقيادة القويّة مُهمةٌ هنا، وكذلك الوصول إلى الموارد المختلفة، لكنْ لا بدّ من وجود شيءٍ محدّدٍ، شيءٍ أقلّ ماديّةً، لكنّه قادرٌ على قيادة الأمّة بأكملها لتركّز رأس المال العاطفيّ، والثقافيّ، والفكريّ الخاصّ بها؛ لخلْق مكانها المميّز في العالم. أولئك الذين يعيشون في مثل هذه الأوقات غالباً ما يعدّون هذا المكان أمراً مسلّماً به، بسبب افتراضهم الأعمى بأنّه سيدوم إلى الأبد، تاركين إنجازاتهم عرضةً للتخلّي عنها من قِبل الثقافة ذاتها التي صنعتها.

منذ عام 700 م تقريباً، ولقرابة 400 سنة، بينما كان المتعصّبون المسيحيّون في أوروبّا يقومون بإعدام المهرطقين؛ أنشأ الخلفاء العباسيّون مركزاً فكريّاً مزدهراً للفنّ، والعلوم، والطبّ للعالم الإسلاميّ في بغداد، وبنى علماء الفلك والرياضيّات المسلمون المراصد الفلكيّة، وصمّموا أدواتٍ متطوّرةً لقياس الوقت، وطوّروا أساليبَ جديدةً للتحليل الرياضيّ والحساب، وحافظوا على الأعمال العلميّة من اليونان القديمة، وأماكن أُخرى، وترجموها إلى العربيّة، وتعاونوا مع علماء مسيحيّين ويهود، وأصبحت بغداد مركزاً للتنوير، وكانت اللّغة العربيّة في تلك المرحلة اللّغة العالميّة المشتركة للعِلم.

نجد تأثير هذا الإسهام الإسلاميّ المبكّر في العلوم إلى يومنا هذا، على سبيل المثال: انتشرت الترجمة العربيّة لكتاب بطليموس العظيم في علم الفلك، الذي يتناول الأرض كمركز الكون (المكتوب أصلاً باللّغة اليونانيّة عام 150م)، وحتّى اليوم يُعرف الكتاب في النسخ المترجَمة جميعها بعنوانه العربي: «المجسطي»، «Almagest»، أو «الكتاب المعظّم» كما تُرجِم إلى العربيّة.

أعطانا عالم الرياضيّات والفلك العراقيّ محمد بن موسى الخوارزميّ كلمتين هُما: «خوارزميّة»، «Algorithm» (من اسمه الخوارزمي)، و«الجبر»، «Algebra» (من عنوان كتابه «الجبر» عن الحساب الجبريّ)، كما أنّ نظام الأرقام المشترك في العالم (0، 1، 2، 3، 4، 5، 6، 7، 8، 9)، على الرغم من أصله الهنديّ، لكنّه لم يصبح شائعاً وواسع الانتشار حتّى استعمله علماء الرياضيّات المسلمون، إضافةً إلى ذلك، استفاد المسلمون على نحوٍ مبتكرٍ من الصفر، الذي لم يكن موجوداً بين الأرقام الرومانيّة، أو في أيّ نظامٍ رقميٍّ ثابت. اليوم، ولأسبابٍ مشروعةٍ، يُشار إلى الرموز العشرة للأرقام دوليّاً بـ«الأرقام العربيّة».

قام المسلمون أيضاً بتطوير الإسطرلاب النحاسيّ المحمول، من النماذج الأوليّة القديمة، وأصبح قطعةً فنيّةً إضافةً إلى كونه من أدوات علم الفلك، ويعرض الإسطرلاب قبّة السماء على سطحٍ مستوٍ، ويشبه -مع طبقاته الدوّارة، وغير الدوّارة- الوجه المزدحم للساعة القديمة، ويقدِّم الإسطرلاب للفلكيّين وغيرهم تحديداً لمواقع القمر والنجوم في السماء، التي يمكن من خلالها تحديد الوقت، وهو أمرٌ مفيدٌ عموماً خاصّةً لتحديد وقت الصلاة، وكان الإسطرلاب شائعاً جدّاً، ومؤثّراً كأداةٍ أرضيّةٍ للاتّصال مع الكون؛ ولذلك نجد ثلثي أسماء النجوم اللّامعة في سماء اللّيل تحتفظ بأسمائها العربيّة حتّى يومنا هذا.

يُترجم الاسْم عادةً إلى اسم أحد أجزاء الجسم الذي يشبه شكل الكوكبة النجميّة، ومن أشهرها (بعد نقلها إلى الأحرف الإنجليزيّة): **Rigel** (الرجْل؛ أي: القدم)، **Betelgeuse** (يد الجوزاء، أو يد الأعظم، وفي العصر الحديث تُعرف بـ«منكب الجوزاء»)، وهُما النجمان الأكثر سطوعاً في كوكبة الجبّار؛ Altair (الطير)، وهو النجم الأكثر سطوعاً في كوكبة العقاب Acquila؛ والنجم المتغيّر Algol (الغول)، وهو النجم الثاني في السطوع في كوكبة حامل رأس الغول (برشاوس[1])، الذي يشير إلى عين ميدوسا التي ترمش بعد قطع رأسها على نحوٍ دمويٍّ عنيفٍ

(1) نسبةً إلى بيرسيوس البطل الإغريقيّ، وقاطع رأس الغورغون ميدوسا، لكنّ الاسم الشائع علميّاً للكوكبة هو برشاوس. (م).

من قِبَل برشاوس، وفي مجموعةٍ أقلّ شهرةً، هناك نجمان ساطعان في كوكبة الميزان، سُمِّيا مع كوكبة العقرب في ذروة نجاح الإسطرلاب: **Zubenelgenubi** (الزباني الجنوبي، أو المخلب الجنوبي)، و**Zebueneschamalis** (الزباني الشمالي، أو المخلب الشمالي)، وهي أطول أسماء للنجوم في السماء.

لم يكن التأثير العلميّ للعالم الإسلاميّ بعد القرن الحادي عشر مساوياً لما شهده هذا التأثير في القرون الأربعة السابقة في أيّ وقتٍ من الأوقات، وأعرب عالم الفيزياء الباكستانيّ الراحل محمد عبد السلام، أوّل مسلمٍ يفوز بجائزة نوبل، عن أسفه:

> ما من شكٍّ في أنّ من بين الحضارات جميعها على الكوكب الآن، العِلم هو الأضعف في بلاد الإسلام. لا نبالغ بتشديدنا على مخاطر هذا الضعف؛ لأنّ البقاء الكريم للمجتمع يعتمد مباشرةً على قوّة العلم والتكنولوجيا في ظروف العصر الراهن. (Hassan and Lui 1984، ص 231)

تمتّعت العديد من الأمم الأُخرى بمراحل غِنى علميّ؛ بريطانيا العظمى مثلاً: أعطتنا أساس نظام خطوط الطول، وخطّ الطول الرئيس هو الخطّ الذي يفصل الشرق الجغرافيّ عن الغرب الجغرافيّ على الكرة الأرضيّة، ويُعرف بأنّه خطّ الطول ذو الدرجة صفر، ويقع تحت قاعدة تلسكوب في مرصد غرينتش، وهي بلدةٌ في لندن على الضفّة الجنوبيّة لنهر التايمز، ولا يمرّ الخطّ الرئيس من مدينة نيويورك، أو موسكو، أو بكّين؛ حيث اختيرَ غرينتش عام 1884 من قِبل الاتّحاد الدوليّ لخطوط الطول الذي عُقِد في واشنطن لهذا الغرض بالذات.

بحلول أواخر القرن التاسع عشر، جمع علماء الفلك في مرصد غرينتش الملكيّ، الذي تأسّس عام 1675 في غرينتش؛ وقاموا بفهرسة بياناتٍ مجموعةٍ على مدى قرنٍ من الزمن حول المواقع الدقيقة لآلاف النجوم، واستعمل علماء الفلك في غرينتش تلسكوباً بتصميمٍ خاصّ؛ إذْ يتحرك على طول قوس الزوال من الشمال إلى الجنوب عبر سَمْت الرأس للراصد، في هذه الحالة، لا نتعقّب الحركة العامّة للنجوم من الشرق إلى الغرب، وبذلك تغيب النجوم عن تلسكوب المرصد مع دوران الأرض، ويمكن لهذا التلسكوب، الذي يُعرف رسميّاً بِـ«أداة العبور»، تحديد الأوقات الدقيقة لعبور أيّ نجمٍ في مجال الرؤية. لماذا؟ لأنّ «خطّ الطول» لنجمٍ ما في السماء هو الوقت -حسب الساعة الفلكيّة- الذي يعبر فيه النجم خطّ الطول الأرضيّ في موقع الراصد، واليوم نضبط الوقت في ساعاتنا باستعمال ساعاتٍ ذريّةٍ، لكنْ في ذلك الوقت لم تكن هناك ساعة يوثق بدقّتها أكثر من الأرض الدوّارة نفسها، ولم يكن هناك تسجيل أفضل لدوران الأرض

من النجوم التي تعبر سماءها ببطءٍ، ولم يقم أحدٌ بقياس مواقع النجوم أفضل من علماء الفلك في مرصد غرينتش الملكيّ.

نعود إلى القرن السابع عشر عندما فقدت بريطانيا العظمى العديد من السفن في البحر بسبب مشكلات الملاحة التي تنتج من عدم معرفة خطّ الطول بدقّة، وفي كارثةٍ مأساويّةٍ علم 1707، اندفع الأسطول البريطانيّ، بقيادة الأدميرال كلودسلي شوفل، إلى جُزر سيلي غرب كورنوال، ما تسبّب بفقد أربع سفن و2000 رجُل. أخيراً، قدّم اتّحاد خطوط الطول[1] -بتكليفٍ من الحكومة الإنجليزيّة- جائزةً ثمينةً (20,000 جنيه استرليني) لأوّل شخصٍ يتمكّن من تصميم مؤقّتٍ مناسبٍ للسفر في المحيط، وتظهر أهميّة هذه الأداة الزمنيّة واضحةً في الأعمال العسكريّة والتجاريّة، وعند ضبط المؤقّت مع الوقت في غرينتش، يمكن تحديد موقع السفينة بالنسبة إلى خطوط الطول بدقّة. ما يجب القيام به كلّه هو طرح الوقت المحليّ (الذي نحصل عليه بسهولةٍ من موضع الشمس، أو النجوم) من وقت المؤقّت، ويكون الفرق بين الاثنين قياساً مباشراً للموقع شرق خطّ الطول الرئيس، أو غربه.

في عام 1735، قدّم الميكانيكيّ الإنجليزيّ جون هاريسون سلعةً محمولةً بحجم اليد إلى مجلس اتّحاد خطوط الطول، وبعد أنْ أعلن أنّ قيمة الأداة الجديدة توازي قيمة شخصٍ حيٍّ يقف على ظهر السفينة مراقباً، أعطى مؤقّت هاريسون معنىً جديداً لكلمة مراقبة «Watch» (من الفعل watch: راقبَ).

بسبب دعم إنجلترا للإنجاز العلميّ في مجال القياس الفلكيّ والملاحيّ، استحقّ خطّ الطول الرئيس أنْ يُحدّد بـ«غرينتش»، ونتيجةً لذلك الإعلان، أصبح الخطّ المقابل لخطّ غرينتش، وهو خطّ التأريخ الدوليّ (على بعد 180 درجة) يمرّ في الجانب الآخر من العالم في المحيط الهادئ، حيث لا دولة، ولا مدينة، وذلك أمرٌ جيّدٌ؛ حتّى لا تُقسم دولة ما بين يومين، وتضطرّ إلى العمل وفق تقويمين مختلفين.

إذا ترك الإنجليز بصمتهم على نظام الإحداثيّات المكانيّ في العالم، فإنّ نظام الإحداثيّات الزمانيّ الأساسيّ (التقويم الشمسيّ) هو نتاج استثمار العلوم في الكنيسة الكاثوليكيّة الرومانيّة، ولم يكن الدافع وراء ذلك هو الدافع الإنسانيّ لاكتشاف الكون، بل كان الحاجة إلى الحفاظ على مواعيد عيد الفصح في أوائل الربيع، وكانت هذه الحاجة مهمّةً للغاية؛ حيث أنشأ بابا الفاتيكان غريغوري الثالث عشر مرصد الفاتيكان، وزوّده بالكهنة اليسوعيّين المحنّكين الذين

(1) Board of Longitude، أو The Commissioners for the Discovery of the Longitude at Sea.

تتبّعوا وقاسوا الوقت بدقّةٍ غير مسبوقةٍ، وبموجب مرسومٍ، حُدِّدَ موعد عيد الفصح في يوم الأحد الأوّل بعد أوّل اكتمالٍ للقمر بعد الاعتدال الربيعيّ (ليمنعوا وقوع أيّام الخميس المقدّس، والجمعة الحزينة، وأحد الفصح في أيّ يومٍ يحمل مناسبةً ما في التقويم القمري). تعمل هذه القاعدة طالما أنّ أوّل يومٍ في الربيع يقع في شهر آذار، لكنّ التقويم اليوليوسيّ ليوليوس قيصر روما لم يكن دقيقاً بما يكفي، وبحلول القرن السادس عشر تراكمت عليه 10 أيّام إضافيّة، ليصبح أوّل أيّام الربيع في الأوّل من نيسان عوضاً عن 21 آذار؛ أي: إنّ قفزة اليوم (اليوم الكبيس أو الإضافيّ) كلّ أربع سنوات، وهي سِمةٌ من سمات التقويم اليوليوسيّ؛ قامت بتصحيحٍ مبالغٍ فيه للوقت؛ حيث أصبح عيد الفصح يُدفع إلى أوقاتٍ أبعد وأبعد في السنة.

في عام 1582، عندما اكتملت أعمال الدراسة والتحليل، قام البابا غريغوري بحذف الأيّام العشرة المخالفة من التقويم اليوليوسي، وأصدر مرسوماً يقضي بأن يكون اليوم التالي لـ 4 تشرين الأوّل هو 15 تشرين الأوّل، ومنذ ذلك الحين وصاعداً قامت الكنيسة بتعديلٍ؛ فبعد أن كان التقويم اليوليوسيّ يضيف يوم القفزة كلّ أربع سنوات، استثنى التقويم الغريغوري السنوات التي لا تقبل القسمة على 400 من أجل تحسين الدقّة (مثلاً: سنة 2000 كانت سنةً كبيسةً، لكنّ السنوات: 1700، و1800، و1900 لم تكن كذلك). يُحذف يوم القفزة لأنّه سيُحسب إنْ بقي، وبالتالي كان هذا تصحيحاً للتصحيح المبالغ فيه ليوم القفزة نفسه.

جرى تحسين التقويم «الغريغوري» الجديد في القرن العشرين ليصبح أكثر دقّةً، ويمكن اتّباعه لعشرات الآلاف من السنين القادمة. لم يقم أحدٌ بقياس الوقت بدقّةٍ مثل هذا التقويم، وكانت الدول المُعادية للكنيسة الكاثوليكيّة (مثل: إنجلترا البروتستانتيّة، وذرِّيتها المتمرّدة: المستعمرات الأمريكيّة) بطيئةً في تبنّي التغيير، لكنْ في نهاية المطاف، تبنّى العالم المتحضِّر كلّه -بما في ذلك الثقافات التي اعتمدت تقليديّاً على التقويم القمريّ- التقويم الغريغوري كمعيارٍ للأعمال الدوليّة، والتجارة، والسياسة.

منذ ميلاد الثورة الصناعيّة، أصبحت المساهمة الأوروبيّة في العلوم والتكنولوجيا متأصِّلةً في الثقافة الغربيّة، ويصعُب على المرء عدُّ إنجازاتها كلّها، وكانت الثورة طفرةً في فهمنا للطاقة؛ حيث تمكّن المهندسون من الوصول إلى طرائق لتحويلها من شكلٍ إلى آخر، وفي النهاية، ستعمل الثورة على استبدال الطاقة البشريّة بالطاقة الآليّة، ما يعزّز من إنتاج الأمم كثيراً، وبالتالي يسْهم في التوزيع العادل للثروة في أنحاء العالم جميعها.

نجد في لغة الطاقة أسماء هؤلاء العلماء الذين كانت مساهمتهم مميّزة في هذا المجال،

مثلاً: جيمس واط، المهندس الاسكتلنديّ الذي صنع المحرّك البخاريّ المتقن عام 1765، نجد كُنيته، أو الحرف الأوّل منها (W) مطبوعاً على كلّ مصباح، ليُشير إلى قياس الطاقة التي يستهلكها، التي ترتبط بشدّة سطوعه. عمل جيمس واط في المحرّكات البخاريّة في أثناء وجوده في جامعة غلاسكو، التي كانت في ذلك الوقت أحد أكثر مراكز العالم نشاطاً في مجال الابتكار الهندسيّ.

اكتشف الفيزيائيّ الإنجليزيّ مايكل فاراداي التحريض الكهرومغناطيسيّ عام 1831، الذي اعتُمد في اختراع أوّل محرّكٍ كهربائيٍّ، وربّما لا يكفي إطلاق اسم «الفاراد» على واحدة السعة الكهربائيّة، وهي مقياس قدرة الجهاز على تخزين الشحنة الكهربائيّة، لتقدير مساهماته في العلوم.

اكتشف الفيزيائيّ الألمانيّ هاينريش هرتز الأمواج الكهرومغناطيسيّة في عام 1888، ما أتاح إمكانيّة التواصل عبر أمواج الراديو؛ بقي اسمه كواحدة قياسٍ للتردّد، مع مضاعفاتها: «كيلو هرتز»، و«ميغا هرتز»، و«غيغا هرتز».

ومن الفيزيائيّ الإيطاليّ أليساندرو فولتا لدينا «فولت»، واحدة قياس القوّة الكهربائيّة المحرّكة، أو فرق الجهد (أو التوتر) الكهربائيّ، ومن الفيزيائيّ الفرنسيّ أندريه ماري أمبير لدينا «أمبير»، واحدة قياس التيّار الكهربائيّ، ومن الفيزيائيّ البريطانيّ جيمس بريسكوت جول لدينا «جول»؛ واحدة الطاقة، والقائمة تطول وتطول. باستثناء بينجامين فرانكلين، وتجاربه الدؤوبة في الكهرباء، راقبت الولايات المتّحدة الأمريكيّة كأمّة هذا الفصل الخصب من الإنجاز البشريّ من بعيد؛ حيث كانت منشغلةً بالحصول على استقلالها عن إنجلترا، واستغلال جهد العبيد. اليوم، أفضل ما فعلناه تكريماً للجهود الأوروبيّة، ظهر في سلسلة ستار تريك الأصليّة، فاسكتلندا هي بلد المنشأ للثورة الصناعيّة، واسم كبير مهندسي المركبة الفضائيّة هو «سكوتي».

قبل أن ننتهي من حقبة الإنجازات الأوروبيّة العلميّة العظيمة، لا بدّ من أن نذكر أنّه في أواخر القرن الثامن عشر، بينما كانت الثورة الصناعيّة على قدمٍ وساق، كانت الثورة الفرنسيّة كذلك أيضاً؛ استغل الفرنسيّون الأحداث ليغيّروا ليس فقط حكّامهم، بل نظام القياس أيضاً، حيث أدخلوا النظام المتريّ لتوحيد ما كان حتّى ذلك الوقت عالّماً من الفوضى التي تربك العلوم والتجارة على حدٍّ سواء، وقام أعضاء الأكاديميّة الفرنسيّة للعلوم بعمليّة قياسٍ لتحديد شكل الأرض، وأعلنوا أنّ الأرض كرويّةٌ مفلطحة، وبناءً على هذه المعرفة، حدّدوا المتر بأن يكون جزءاً من عشرة ملايين جزء متساوٍ من المسافة الممتدّة من القطب الشماليّ مروراً بباريس بالطبع، إلى خطّ الاستواء، وصُنعتْ قطعةٌ معدنيّةٌ مساويةٌ لهذا الطول من البلاتين المخلوط بالإيريديوم لتمثّل المتر المُعترف عليه، وابتكر الفرنسيّون العديد من المعايير العشريّة الأُخرى (باستثناء

الوقت العشريّ، والزوايا العشريّة)، وجرى تبنّيها في النهاية في الدول جميعها في العالم باستثناء الولايات المتّحدة، ودولة ليبيريا غرب إفريقيا، ودولة ميانمار المداريّة المضطّربة سياسيّاً آنذاك، والقطعة الأصليّة للواحدات المتريّة محفوظةٌ في المكتب الدوليّ للأوزان والمقاييس قرب باريس في فرنسا بالطبع.

بدءاً من أواخر ثلاثينيّات القرن العشرين، تحوّلت الولايات المتّحدة إلى حلقةٍ من النشاط في مجال الفيزياء النوويّة، ونشأ معظم رأس المال الفكريّ من هجرة العلماء من ألمانيا النازيّة، لكنّ القوّة الماليّة جاءت من العاصمة واشنطن، وحدث سباقٌ للتغلّب على هتلر في صنع القنبلة الذريّة، وعُرف العمل المنظّم لإنتاج القنبلة باسْم مشروع مانهاتن؛ لأنّ الكثير من الأبحاث المبكّرة أُجريت في مانهاتن، في مختبر بوبين في جامعة كولومبيا.

كان للاستثمار في زمن الحرب فوائد هائلة في زمن السلم لمجتمع علماء الفيزياء النوويّة؛ من الثلاثينيّات حتّى الثمانينيّات، كانت المُسرّعات الأمريكيّة هي الأكبر والأكثر إنتاجيّةً في العالم، وتشكّل مسارات السباق هذه للفيزياء نوافذ إلى البُنية الأساسيّة للمادّة وسلوكها، وتمكّن العلماء من صنع حزمٍ من الجُسيمات دون الذريّة، وتسريعها على نحوٍ يقارب سرعة الضوء مع حقلٍ كهربائيٍّ مكوّنٍ بذكاء، وتحطيمها إلى جُسيماتٍ أُخرى وتفتيتها، وبفرزهم لهذا الفتات، وجد علماء الفيزياء أدلّةً على وجود جُسيماتٍ جديدةٍ، وحتّى قوانين فيزيائيّة جديدة.

مختبرات الفيزياء النوويّة الأمريكيّة مشهورةٌ، ويعرف أسماءها حتّى الأشخاص الذين لا يفهمون الفيزياء تماماً، مثل: مختبر لوس ألاموس؛ ومختبر لورانس ليفرمور؛ ومختبر بروكهيفن الوطني؛ ومختبر لورانس بيركلي؛ مختبر فيرمي؛ ومختبر أوك ريدج. في هذه الأماكن، اكتشف الفيزيائيّون جُسيماتٍ جديدةً، وعزلوا عناصر جديدةً، وتوصّلوا إلى نموذجٍ نظريٍّ جديدٍ لفيزياء الجُسيمات، وحازوا جوائز نوبل لأعمالهم هذه.

إنّ آثار الأقدام الأمريكيّة في تلك الحقبة منقوشةٌ إلى الأبد في نهاية الجدول الدوريّ للعناصر حيث العناصر الثقيلة، فالعنصر رقم 95 هو أميريكيوم، ورقم 97 بركيليوم، ورقم 98 هو كاليفوريوم، ورقم 103 هو لورنسيوم (نسبةً إلى الفيزيائيّ الأمريكيّ إرنست لورنس الذي اخترع أوّل مسرّعٍ للجسيمات)، والرقم 106 هو سيبورغيوم، نسبةً إلى الفيزيائيّ الأمريكيّ غلين ت. سيبورغ الذي اكتشف في مختبره في جامعة كاليفورنيا عشرة عناصر جديدة أثقل من اليورانيوم.

ما زلنا نطوّر المسرّعات لتصل إلى طاقاتٍ أعلى من قبل، لنكتشف الحدود المتوسّعة دوماً

بين المعروف وغير المعروف في الكون. تؤكّد نظريّة الانفجار العظيم لنشوء الكون أنّ الكون كان في يومٍ ما كتلةً من الحساء، بحجمٍ صغيرٍ، وحرارةٍ مرتفعةٍ، من الجُسيمات ما دون الذريّة المفعمة بالطاقة، وبوجود أجهزة مُصادَمة الجُسيمات، يمكن للفيزيائيّين محاكاة اللحظات الأولى للكون. عندما اقترح علماء الفيزياء -في الولايات المتّحدة في الثمانينيّات- بناء مثل هذا المسرِّع (الذي سُمِّي أخيراً «المصادم فائق التوصيل»)، كان الكونغرس مستعدّاً لتمويله، وكانت وزارة الطاقة الأمريكيّة مستعدّةً للإشراف عليه، فرُسمت المخطّطات، وبدأ البناء، وحُفِر نفقٌ دائريٌّ على مدار 50 ميلاً (بحجم حزام العاصمة واشنطن) في تكساس، وكان الفيزيائيّون متحمِّسين لدخول مرحلةٍ جديدة من العلوم الكونيّة، لكنْ في 1993، عندما بدأت التكاليف تتجاوز الحدّ، سحب الكونغرس -المُحبَط ماليّاً دائماً- التمويل البالغ 11 مليار دولار من المشروع، ربّما لم يخطر في بال ممثِّلينا المُنتخَبين في الكونغرس أنّهم بإلغاء تمويل «المصادِم الفائق» قد تخلَّوا عن سيادة أمريكا في عِلم فيزياء الجُسيمات التجريبيّ.

إذا أردتَ أن ترى الحدود الجديدة لعِلم الفيزياء، عليك ركوب طائرةٍ إلى أوروبّا، التي احتلّت المركز الأوّل في بناء أكبر مسرِّع جُسيماتٍ في العالم، وبذلك استحقّت منزلتها في المشهد المعرفيّ الكونيّ، ويُعرف المسرِّع باسْم «مصادم الهادرونات الكبير»، وسيديره المركز الأوروبيّ لفيزياء الجُسيمات (الذي يُعرف بالاختصار سيرن CERN). على الرغم من اشتراك بعض علماء الفيزياء من الولايات المتّحدة، إلّا أنّ أمريكا كأُمّةٍ، ستراقب العمل من بعيد، مثلما فعلت الكثير من الأمم الأُخرى سابقاً.

- 38 -

ليكُن ظلاماً

الفيزياء الفلكيّة هي أكثر تخصّصات العِلم تواضعاً. يمحو اتّساع الكون وعمقه المُذهلان غرورنا يوميّاً، فنحن دائماً تحت رحمة قوى غير مُتحكَّمٍ بها، ويمكن لليلةٍ غائمةٍ بسيطةٍ -التي لا تمنع أيّ نشاطٍ بشريٍّ آخر- أن تمنعنا من إجراء رصدٍ في تلسكوب يكلّف تشغيله 20 ألف دولار في الليلة الواحدة، بصرف النظر عن حالة الطقس. نحن مراقبون سلبيّون للكون، لا نحصل على البيانات إلّا عندما تشاء لنا الطبيعة، وفي المكان الذي تشاء، وبالطريقة التي تختارها هي. إنّ معرفة الكون تتطلّب استعمال نوافذَ خاليةٍ من الضباب، والظلال، والتلوّث، لكنّ انتشار ما نسمّيه الحضارة، وما يرتبط بها من انتشار التكنولوجيا الحديثة، يتعارض عموماً مع هذه المهمة. ما لم نفعل شيئاً حيال ذلك، سيُغرِق الناس كوكب الأرض قريباً في توهّجٍ من الضوء، ما يمنع توسيع حدود الاكتشاف الكونيّ.

يأتي الشكل الأكثر وضوحاً وانتشاراً من تلوّث السماء الفلكيّة من مصابيح الشوارع، ويمكن رؤية هذه المصابيح من نافذة الطائرة في الرحلات اللّيليّة، ما يعني أنّها لا تُضيء الشارع فقط، بل بقيّة الفضاء أيضاً. وأكثر أنواع هذه المصابيح تأثيراً في هذا الموضوع هي التي لا تحمل أغطيةً توجّه ضوء المصباح إلى الأسفل، كما تضطرّ المجالس البلديّة عند استعمال هذا النوع من المصابيح رديئة التصميم إلى شراء مصابيح بقوّةٍ كهربائيّةٍ عاليةٍ؛ لأنّ نصف ضوء المصباح يضيع بينما ينتشر في الاتّجاهات كلّها؛ هذا الضوء الضائع، المُطلق باتّجاه سماء اللّيل، جعل الكثير من الأماكن في العالم غير مناسبةٍ للبحث الفلكيّ؛ ففي ندوة عام 1999 بعنوان «الحفاظ على السماء الفلكيّة»، اشتكى المشاركون من فقدان السماء المظلمة في أنحاء العالم جميعها، وأشارت إحدى الأوراق البحثيّة إلى أنّ الإضاءة غير الفعّالة تكلّف مدينة فيينا 720,000

دولار سنوياً، ولندن 2.9 مليون دولار، وواشنطن 4.2 مليون دولار، ونيويورك 13.6 مليون دولار (Sullivan and Cohen 1999، ص 363-68). يمكنك أن تلْحظ أنّ تكلفة الإضاءة الضائعة في لندن، التي تماثل بعدد سكّانها نيويورك، أقلّ بقرابة 5 مرّاتٍ منها.

ليست المشكلة بالنسبة إلى علماء الفيزياء الفلكيّة أنّ الضوء يهرب إلى الفضاء، بل أنّ طبقات الغلاف الجويّ السفليّة تحوي بخار الماء، والغبار، والملوّثات التي تتسبّب بارتداد بعض الفوتونات الصاعدة إلى الأسفل، تاركةً السماء تتوهّج في اللّيل، وتزداد المدن توهّجاً، وبالتالي تصبح الأجسام الخافتة في الكون أقلّ وضوحاً، ما يحدّ من وصول سكّان المدن إلى رؤية ومراقبة الكون.

لا نبالغ أبداً في ضخامة هذا التأثير؛ إذا أطلقتَ شعاعاً ضوئيّاً على جدارٍ في غرفةٍ مظلمةٍ، فسيبدو واضحاً، بينما إذا أضأتَ الأنوار سيضيع تماماً، وفي الأجواء الملوّثة بالضوء، تصبح الأجرام الكونيّة المشوّشة، مثل: المذنّبات، والسُّدُم، والمجرّات؛ صعبةً، أو مستحيلة الاكتشاف. لم أرَ طوال حياتي مجرّة درب التبّانة من داخل حدود مدينة نيويورك، وهي المدينة التي ولدتُ وترعرعتُ فيها. إذا نظرتَ إلى السماء من ميدان التايمز في مانهاتن الغارق في الضوء، سترى عشرات النجوم، أو نحو ذلك، مقارنةً بالآلاف التي كانت مرئيّةً من المكان ذاته عندما كان بيتر ستويفيسانت يتجوّل في المدينة قبل قرابة ثلاثمئة وخمسين سنة. لا عجب أن تتشارك الشعوب القديمة معرفة السماء في ثقافاتها، بينما تتشارك الشعوب الحديثة -التي لا تعرف شيئاً عن سماء الليل- ثقافة التلفزيون المسائيّ.

أدّى توسّع المدن التي أُضيئت كهربائيّاً خلال القرن العشرين إلى تشكّل تشوّشٍ تقنيٍّ أجبر علماء الفلك على نقل مراصدهم من قمم التلال في ضواحي المدن إلى أماكن نائيةٍ، مثل: جزر الكناري، ومرتفعات الأنديز في تشيلي، وماونا كيا في هاواي. أحد الاستثناءات البارزة هو مرصد كيت بيك الوطنيّ في ولاية أريزونا، فعوضاً عن الهرب من مدينة توكسون الممتدّة والمتوهّجة على بُعد 50 ميلاً، بقي الفلكيّون في موقعهم، وحاربوا من أجل سماءٍ مظلمةٍ، وكانت المعركة أسهل ممّا تتوقّع؛ فما يجب فعله كلّه هو إقناع الناس بأنّ نوع الإضاءة الخارجيّة يتسبّب بضياعٍ للمال، وتكون النتيجة أن تحصل المدينة على مصابيح شوارع فعّالة، ويحصل علماء الفلك على سماءٍ مظلمة. ينصُّ المرسوم رقم 8210 من قانون الإضاءة الخارجيّة في مقاطعة بيما/توكسون -كما لو كان العمدة، ورئيس الشرطة، ورئيس السجن، كلّهم علماء فلك عند تمرير هذا القانون- في القسم1 ما يلي:

الغرض من القانون هو توفير معايير للإضاءة الخارجيّة؛ حتّى لا يتعارض استعمالها على نحوٍ

> غير معقولٍ مع أعمال الرصد الفلكيّ، ويهدف إلى تشجيع ممارساتٍ وأنظمة إضاءةٍ تسْهم في الحفاظ على الطاقة من دون تخفيض عوامل الأمان، والسلامة، والمنفعة، والإنتاجيّة خلال الاستعمال الليليّ للممتلكات داخل حدود الولاية القضائيّة، وذلك من خلال تنظيم أنواع أجهزة الإنارة الكهربائيّة، وأصنافها، وطرائق تركيبها، واستعمالها في الهواء الطلق.

يلي ذلك 13 قسماً يوضح قواعدَ صارمةً تحكم اختيار المواطنين للإضاءة الخارجيّة؛ أمّا الجزء الأفضل، فهو في القسم 15:

> يُعدّ أيّ انتهاكٍ لأيٍّ من أحكام هذا القانون مخالفةً مدنيّةً، ويُعدّ كلّ يومٍ يستمرّ فيه الانتهاك مخالفةً منفصلة.

كما ترون، تسبّب إزعاج أضواء المدينة لتلسكوب فلكيّ بتحويل علماء الفلك المسالمين إلى رجالٍ يشبهون رامبو. أتظنّون أنّني أمزح؟ بالفعل توجد الجمعيّة الدوليّة للسماء المظلمة (IDA)، وهي منظّمةٌ تحارب الضوء الموجّه إلى الأعلى في العالم كلّه، ويقول شعارها الذي يشبه العبارات على سيّارات شرطة لوس أنجلوس: «حماية البيئة الليليّة وموروثنا من سماء اللّيل من خلال الإضاءة الخارجيّة عالية الجودة». ومثل الشرطة أيضاً، إذا ارتكبتَ مخالفةً ما ستلاحقك هذه الجمعيّة.

أعرف ذلك لأنّها لاحقتني بسبب ارتكابي مخالفة سابقاً؛ فبعد أسبوعٍ على افتتاح مركز روز للأرض والفضاء، تلقّيتُ رسالةً من المدير التنفيذيّ للجمعيّة الدوليّة للسماء المظلمة، تتضمّن تأنيباً بسبب الأضواء الموجّهة إلى الأعلى في رصيف ساحة الدخول الخاصّة بالمركز؛ حيث يوجد في الساحة أربعون مصباحاً (بقوّةٍ كهربائيّةٍ منخفضةٍ جدّاً) تساعد على تحديد مدخل المركز، ولهذه الأضواء دورٌ وظيفيٌّ، وآخرُ تزيينيٌّ، وكان الهدف من هذه الرسالة تحميل مركز هايدن بلايتاريوم مسؤوليّةً في هذا الموضوع لتقديم مثالٍ جيّدٍ لبقيّة العالم. أنا محرجٌ، لكنّني أعترف بأنّ الأضواء بقيت في مكانها.

التشويش في سماء الليل ليس اصطناعيّاً كلّه؛ إذْ يسطع القمر الكامل بما يكفي ليحجب عدداً كبيراً من النجوم المرئيّة، فيقلّ عدد النجوم المرئيّة من الآلاف إلى المئات. في الواقع، يفوق سطوع القمر بـِ 100,000 مرّة النجوم الأكثر سطوعاً في سماء اللّيل، وحسب قوانين زوايا الانعكاس، يزداد سطوع القمر عشرة أضعاف عندما يكون بدراً منه عندما يكون نصفاً، ويقلّل هذا التوهّج القمريّ أيضاً من عدد النيازك المرئيّة (ومع ذلك فالغيوم تسبّب حجباً أكبر لسماء اللّيل) بصرف النظر عن مكان الرصد على الأرض؛ لذا لا تتمنَّ أبداً اكتمال القمر أمام فلكيٍّ ذاهبٍ

إلى مرصده. القمر -من خلال قوى المدّ والجزْر- أوجد موائل ديناميكيّة للحياة؛ حيث كانت بداية انتقال الكائنات من الحياة المائيّة إلى الحياة الأرضيّة، ليزدهر البشر في نهاية المطاف، وبعيداً عن هذه التفاصيل، سطوع القمر هو أمرٌ يتمنّى العلماء أن يتخلّصوا من تأثيره. أجلْ، سيكون علماء الفلك، خاصّةً علماء الكونيّات؛ سعداء لو لم يوجد القمر في الأصل.

قبل بضع سنوات، تلقّيتُ اتصالاً هاتفيّاً من مديرةٍ تنفيذيّةٍ للتسويق، تريد أن تطلق ضوءاً يصل إلى القمر ويُظهِر شعار شركتها، وأرادت أن تعرف كيف يمكنها فعل ذلك، وبعد أن أغلقتُ الهاتف بعنفٍ في وجهها، أعدتُ الاتّصال مرّةً ثانية، وشرحتُ لها بأدبٍ أنّها فكرةٌ سيّئة. سألني مديرون تنفيذيّون آخرون عن طريقة لوضع لافتاتٍ مضيئةٍ للإعلانات بعرض ميل تحلّق في مدارٍ حول الأرض، تشبه الأعلام التي تحملها الطائرات في الأحداث الرياضيّة، أو فوق شاطئٍ مزدحم؛ أتوعّد هؤلاء الأشخاص دائماً بتبليغ شرطة الأضواء لملاحقتهم.

تمتدّ علاقة الحياة الحديثة مع التلوّث الضوئيّ إلى أجزاءٍ أخرى من الطيف الكهرومغناطيسيّ، والخطر التالي الذي يهدّد علماء الفلك في سعيهم للاكتشاف يأتي من نافذة الأمواج الراديويّة على الكون، بما فيها الأمواج الصُّغريّة؛ ففي حياتنا الحديثة، تغمرنا أمواج الراديو التي تنبعث من إشارات الأجهزة العديدة، مثل: الهاتف الخلويّ، والباب الآليّ للمرآب، ومفتاح قفل السيّارة، وأعمدة بثّ محطّات الراديو، وأجهزة إرسال التلفاز، وأجهزة الاتّصال اللا سلكيّ، وأجهزة الرادار الخاصّة بالشرطة، وأنظمة تحديد المواقع العالميّة، وشبكات الأقمار الصناعيّة، ويغطي هذا الضبابُ الناتج عن التكنولوجيا نافذةَ الأمواج الراديويّة للأرض، ويزداد ضيق المجالات القليلة التي لا تزال واضحةً في الطيف الراديويّ؛ حيث تستحوذ زخارف الحياة ذات التقنيّة العالية على المزيد والمزيد من مساحات الأمواج الراديويّة، ولذلك فإنّ كشف الأجرام السماويّة الباهتة للغاية ودراستها أمرٌ معرّضٌ للخطر كما لم يحدث من قبل.

اكتشف علماء الفلك المختصّون بالأمواج الراديويّة خلال نصف القرن الماضي أشياءَ رائعة، بما في ذلك النجوم النابضة (البُلسارات)، والكوازارات، والجُزيئات الموجودة في الفضاء، والخلفيّة الراديويّة للكون (أوّل دليلٍ يدعم نظريّة الانفجار العظيم)، لكنّ محادثةً لا سلكيّة واحدة يمكن أن تتسبّب بإضاعة الإشارات الراديويّة الخافتة: التلسكوبات الراديويّة الحديثة حسّاسةٌ جدّاً إلى درجة أنّه بإمكانها التقاط إشارة محادثةٍ لا سلكيّة بين رائدَيْ فضاءٍ على سطح القمر، ولو كان المرّيخ مأهولاً بالسكّان، واستعملوا الهواتف الخلويّة، لأمكن لأقوى تلسكوب راديويّ لدينا أن يتعقّب محادثاتهم بسهولة.

تستمرّ المطالب الثقيلة، والمتضاربة أحياناً، للجنة الاتصالات الفيدراليّة؛ لوضع شرائح

المجتمع المختلفة ضمن مراقبة الطيف الراديويّ، وتعتزم فرقة العمل المعنيّة بسياسات استعمال الطيف «FCC's» مراجعة هذه السياسات التي تحكم استعمال الطيف الكهرومغناطيسيّ بهدف تعزيز الكفاءة والمرونة. صرَّح رئيس الفرقة مايكل ك. باول لصحيفة واشنطن بوست (19 حزيران 2002) أنّه يطمح إلى تحويل فلسفة لجنة الاتصالات الفدراليّة من نهج «قيادة وسيطرة» نحو نهج «موجَّه من قِبل السوق»، وستقوم اللّجنة أيضاً بمراجعة آليّة تعيين نطاقاتٍ من الطيف الراديويّ وتخصيصها، وكذلك كيفيّة تداخل أحد التخصيصات مع الآخر.

من جانبها، دعت الجمعيّة الفلكيّة الأمريكيّة -وهي المنظّمة المهنيّة لعلماء الفيزياء الفلكيّة في البلاد- أعضاءها إلى توخّي الحذر مثل أعضاء الجمعيّة الدوليّة للسماء المظلمة (وهو موقفٌ أؤيّده) في محاولةٍ لإقناع صُنّاع القرار السياسيّ بضرورة ترك تردّداتٍ راديويّةٍ محدّدةٍ وواضحة؛ (أي: فارغة لا تشغلها أيّة وسيلة اتصالات، أو تكنولوجيا) خاصّةً للاستعمال الفلكيّ، وباستعارة مفردات ومفاهيم من «الحركة الخضراء»، ينبغي عَدُّ هذه المجالات «محميّة برّيّة كهرومغناطيسيّة»، أو «متنزّهاً كهرومغناطيسيّاً وطنيّاً»، ولمنع حدوث أيّ تداخلٍ في الإشارات، ينبغي أيضاً إبقاء المناطق الجغرافيّة المحيطة بالمراصد المحميّة خاليةً من أيّة إشارةٍ راديويّةٍ من صنع الإنسان.

ربّما المشكلة الأكثر صعوبةً هي أنّ ازدياد بُعد الجسم المرصود عن درب التبّانة، يزيد من طول الموجة الراديويّة المنبعثة منه وقلّ تردّدها؛ هذه الظاهرة -التي تُعرف بتأثير دوبلر الكونيّ- هي العلامة الرئيسة للتوسّع المستمرّ للكون؛ لذلك ليس من الممكن حقّاً عزل مجموعةٍ واحدةٍ من التردّدات «الفلكيّة»، والتأكيد على إمكانيّة اكتشاف الكون بأكمله (بدءاً بالمجرّات المجاورة وصولاً إلى حوافّ الكون المرصود) من خلال هذه النافذة؛ ويستمرّ الكفاح.

اليوم، أفضل مكانٍ لبناء التلسكوبات لاستكشاف أجزاء الطيف الكهرومغناطيسيّ جميعها، هو القمر، لكنْ ليس على الجانب الذي يواجه الأرض، فعليه سيكون وضع عمليّة الرصد الفلكيّ أسوأ منه على الأرض؛ لأنّ الأرض تبدو أكبر بثلاث عشرة مرّةً، وأكثر سطوعاً بخمسين مرّةً من القمر عند رؤيته من سطح الأرض، كما أنّ الأرض على هذا الجانب لا تغيب أبداً، والإشارات اللاسلكيّة الاصطناعيّة تجعل الأرض الجرم الأكثر سطوعاً في سماء من الأمواج الراديويّة؛ أمّا الجانب البعيد من القمر، الذي لا يرى الأرض أبداً، ويبقى مخفيّاً خلف الأفق، هو الجانب المناسب للرصد الفلكيّ؛ جنّة بالنسبة إلى علماء الفلك.

على الجانب الآخر للقمر، يمكن للتلسكوبات الموضوعة أن ترصد أيّ اتّجاهٍ في السماء بدون التعرّض لخطر التلوّث الناتج عن انبعاثات الأرض الكهرومغناطيسيّة، كما أنّ اللّيل على

القمر يستمرّ لمدّة 15 يوماً تقريباً، ما يمكّن علماء الفلك من مراقبة الأجرام الموجودة في السماء لأيّامٍ متتالية، ولأوقات أطول بكثير ممّا يمكنهم على الأرض، ولأنّ القمر لا يملك غلافاً جويّاً، فإنّ جودة عمليّات الرصد على سطحه ستماثل جودة عمليّات الرصد من مدار الأرض. سيفقد تلسكوب هابل الفضائيّ الذي يدور حول الأرض أهميّته الكبيرة الراهنة، إضافةً إلى ذلك، بغياب غلافٍ جويٍّ يشتّت ضوء الشمس في النهار، تكون سماء القمر خلال النهار قاتمةً مثل سماء اللّيل؛ لذلك تظهر النجوم واضحةً في السماء بجانب قرص الشمس مباشرةً؛ لم نعثر على مكانٍ للرصد الفلكي خالٍ من التلوّث الضوئيّ أفضل من القمر حتّى الآن.

عندما أراجع أفكاري، أتراجع عن ملاحظتي القاسية حول علماء الفلك وانزعاجهم من القمر، ربّما أصبح جارنا الفضائيّ أفضل صديقٍ لعلماء الفلك في المستقبل.

- 39 -

ليالي هوليوود

من الأمور المزعجة لهواة الأفلام السينمائيّة، أنْ يشاهدوا فيلماً بصحبة أحد هواة الكتب، الذي لا ينفكُّ أحدهم طوال الفيلم عن ذكر المزايا التي تفوق بها الروايةُ التي قرأها الفيلمَ المُقتبس عنها، ويسخر هواة الكتب هؤلاء من تمثيل الشخصيّات، ويستاؤون من أنّ خطّ الرواية الأصليّ أكثر عمقاً منه في الفيلم. رأيي أنّ على هؤلاء البقاء بين كتبهم، وتركنا نستمتع بمشاهدة الفيلم، فبالنسبة إليّ، المسألة اقتصاديّة بحتة: مشاهدة الفيلم توفّر الوقت اللازم لقراءة الكتاب الذي يستند إليه، وتوفّر المال اللازم لشراء الكتاب أيضاً، وربّما يظنّ بعضهم أنّ موقفي المعادي للقيم الثقافيّة هذا يحتّم عليّ أنْ أبقى صامتاً حيال المغالطات العلميّة في قصّة فيلمٍ ما، أو تصميمه وإخراجه، لكنْ لا، لا يمكنني ذلك، حتّى إنّي في بعض الأحيان أكون أكثر إزعاجاً في إبداء ملاحظاتي النقديّة للفيلم من هواة الكتب أنفسهم، وعلى مرّ السنين، قمتُ بجمع أخطاء فظيعة في محاولات هوليوود لإظهار الكون وتصوير أحداثٍ تجري فيه، ولم أعد أستطيع السكوت عنها.

قائمتي لأخطاء هوليوود العلميّة لا تشبه الأخطاء والعثرات التي تحدث في أثناء التصوير ويتداركها المنتِجون والمخرجون في النهاية؛ الأخطاء العلميّة الفلكيّة التي أتحدّث عنها قُدِّمت بكلّ ثقةٍ، وتشير إلى نقصٍ عميقٍ في الاهتمام بالتفاصيل التي يمكن التحقّق من صحّتها بسهولة، وأستطيع أن أجزم بأنّ أيّاً من هؤلاء الكُتّاب، أو المُنتِجين، أو المُخرجين، لم يدرسوا مقرّر «مبادئ علم الفلك» في الجامعة.

لنبدأ من أسفل القائمة:

في نهاية فيلم ديزني «*Black Hole*» عام 1977، الذي يُعدّ من أسوأ عشرة أفلام في نظر

الكثير من الناس، تفقد سفينة الفضاء السيطرة على محرِّكاتها، وتنجرف في ثقبٍ أسْود. دعونا نرى ماذا فعل فنّانو المؤثّرات الخاصّة لإظهار هذه الحادثة. هل مزّقت قوى المدّ والجزْر -الناتجة عن اختلاف قوى الجاذبيّة- روّاد الفضاء مع مركبتهم كما قد يحدث في ثقبٍ أسْود حقيقيّ؟ لا. هل قاموا بأيّة محاولةٍ لتصوير تمدّد الزمن النسبيّ، كما تتنبّأ نظريّة أينشتاين، حيث يتطوّر الكون على مدى مليارات السنين حول الطاقم المنكوب بينما لا يمرّ من عمرِهم سوى بضع ثوانٍ، وهُم داخل الثقب الأسْود؟ لا. صَوَّر المشهد قرصاً بشكل دوّامةٍ من الغاز المتراكم حول الثقب الأسْود؛ جيّد، هذا ما يحدث للغاز المنجرف في الثقب الأسْود، لكنْ هل انبعثت امتداداتٌ بشكل أذرعٍ من المادّة والطاقة من جوانب القرص التراكميّ كلّها؟ لا. هل سافرت السفينة في الثقب الأسْود وظهرت في زمنٍ آخر؟ أو جزءٍ آخر من الكون؟ أو في كونٍ آخر تماماً؟ لا. عوضاً عن هذه الأفكار الخصبة سينمائيّاً، والمستنيرة علميّاً، يُظهِر الفيلم داخل الثقب الأسْود ككهفٍ باردٍ، مع الكثير من الصواعد والنوازل الحجريّة، كما لو كنتَ تتجوّل في حديقة كهوف كارلسباد الوطنيّة في نيو مكسيكو.

ربّما يسوّغ بعض الناس هذه المغالطات بالحريّة الشعريّة والفنيّة للمخرج، التي تسمح له بابتكار صورٍ فلكيّةٍ غريبةٍ من دون الانتباه إلى الكون الحقيقيّ، لكنْ بالنظر إلى مدى ضعف المَشاهِد، فمن الأرجح أنّ ذلك يعود إلى جهل المُخرِج العلميّ للفيلم. لو افترضنا أنّ هناك ما يُسمّى «حريّة علميّة»؛ حيث يختار العالِم -وهو يقوم بعملٍ فنّي- أن يتجاهل بعض أساسيّات التعبير الفنيّ، مثلاً: يرسم عالِمٌ امرأةً بثلاثة أثداءٍ، وسبعة أصابع في كلّ قدمٍ، وأذنٍ وسط الوجه! وكمثالٍ أقلّ تطرّفاً: يرسم مفصل الركبة محنياً بالاتّجاه المعاكس، أو بنسبٍ غريبةٍ لأطوال عظام الجسم. حسناً، إنْ لم يؤذِن ذلك ببداية حركةٍ فنيّةٍ، على غرار بيكاسو ولوحاته الغريبة، فمن المؤكّد أنّ الفنّانين سيثورون غضباً على العلماء، ويطلبون إليهم العودة إلى المدرسة لتعلّم دورس التشريح الفنّيّ الأساسيّة.

هل كانت الحريّة أم الجهل من قاد أحد الرسّامين، في لوحةٍ موجودةٍ في اللوفر، لرسم طريقٍ مغلقٍ تحيط به الأشجار؛ حيث تتّجه ظلال الأشجار جميعها إلى نقطة المركز؟ ألم يسبق لهذا الرسّام أنْ لَحظ أنّ الظلال كلّها التي تلقيها الشمس على الأرض متوازية؟ الحريّة أم الجهل من جعل الرسّامين كلّهم تقريباً يرسمون القمر إمّا هلالاً وإمّا بدراً؟ في أكثر من نصف أيّام الشهر لا يكون القمر هلالاً، ولا بدراً. هل رسم الفنّانون ما رأوه حقّاً أم ما تمنّوا أن يروه؟ عند تصوير فيلم «*Someone to Watch Over Me*» للمخرج فرانسيس فورد كوبولا، اتّصل المصوِّر السينمائيّ بمكتبي للسؤال عن مكان الحصول على أفضل تصويرٍ للقمر بدراً وتوقيته، وهو يرتفع فوق مانهاتن؛ لم يرِد قمر الربع الأوّل من الشهر، أو القمر المحدودب، أراد البدر فقط.

على الرغم من لومي القاسي للفنّانين، لكنْ لا شكّ في أنّ المساهمة الإبداعيّة الفنيّة في العالم ستفقد الكثير من غِناها في غياب الحريّة الفنيّة، كنّا سنفقد إبداع المدرسة الانطباعيّة، والمدرسة التكعيبيّة، ولكنْ ما يميّز الحريّة الفنيّة الجيّدة من السيّئة هو رصيد الفنّان من المعرفة المتعلّقة بالموضوع قبل أن يبدأ بالإبداع، ربّما ما قاله مارك توين هو أفضل تعبيرٍ عن ذلك:

> احصل على الحقائق أوّلاً، بعد ذلك يمكنك أن تحرّف ما تشاء. (الفصل 63، المجلد 2، 1899).

في فيلم تيتانيك الشهير عام 1997، كان المُخرِج والمُنتِج جيمس كاميرون حريصاً ليس على المؤثّرات الخاصّة فحسب، بل على إعادة التصميم الداخليّ الفاخر للسفينة أيضاً، لم يغِب تفصيلٌ صغيرٌ عن انتباه كاميرون، من الشمعدانات الجداريّة إلى الأواني الفضيّة، وحرِص على الرجوع إلى القطع الأثريّة التي أُنقِذَتْ من السفينة الغارقة على بُعد ميلين تحت سطح البحر، إضافةً إلى ذلك، بحث كاميرون بعنايةٍ في تاريخ الأزياء والأعراف الاجتماعيّة لضمان أنّ شخصيّاته ترتدي وتتصرّف بأساليب تتوافق مع العام 1912، حتّى إنّ التفصيل التقنيّ المتعلّق بأنّ ثلاث مداخن فقط من مداخن السفينة الأربع كانت موصولةً مع المحرّكات، كان من ملاحظات كاميرون الذي صوّر الدخان بدقّةٍ، وهو يتصاعد من ثلاث مداخن، والتقط كاميرون بالطبع التفاصيل الدقيقة للرحلة التي كانت مقرّرة من ساوثهامبتون إلى نيويورك؛ حيث تُظهر السجلّات الدقيقة تاريخ ووقت غرق السفينة، وكذلك موقعها بالنسبة إلى خطوط الطول والعرض.

مع هذه الدقّة كلّها، قد تتوقّع من كاميرون الانتباه إلى النجوم والكوكبات التي تظهر في السماء ليلة غرق السفينة.

لكنّه لم يفعل.

في فيلم التيتانيك، لا تظهر النجوم فوق السفينة بأيّ ترتيبٍ يماثل أيّة كوكبة نجوم في السماء الحقيقيّة، والأسوأ من ذلك، عندما تكون البطلة فوق لوحٍ من الخشب يطفو في المياه المتجمّدة شمال المحيط الأطلسي، وتترنّم بالأغنية المشهورة، فإنّها تحدّق في السماء مباشرةً، ونرى نحن المشهد الذي تراه، وتبدو المحاكاة السينمائيّة لمشهد النجوم خطأً بالكامل، فالنجوم في النصف الأيمن كانت انعكاساً للنجوم في النصف الأيسر. أيّ كسولٍ صمّم هذا المشهد! لم يكن الأمر ليتطلّب تغييراً كبيراً في ميزانيّة الفيلم للحصول على المشهد الدقيق علميّاً لسماء اللّيل في مكان غرق الباخرة وتاريخه.

كانت تكلفة اللّوحات والأواني الفضيّة في ديكور الفيلم باهظة الثمن، بينما يكفي خمسون

دولاراً لشراء أحد البرامج الحاسوبيّة المنزليّة التي تعرض السماء الحقيقيّة في أيّ وقتٍ من اليوم، وفي أيّ تاريخٍ، وفي أيّ سنة من الألفيّة، وفي أيّ مكانٍ على الأرض.

على كلّ حال، كانت ممارسة كاميرون للحريّة الفنيّة في بعض الأماكن تستحقّ الثناء، وبعد غرق السفينة، تظهر أعدادٌ لا تُحصى من الناس (أحياءً وأمواتاً) يطفون على وجه الماء، وفي هذه اللّيلة الخالية من القمر وسط المحيط، بالكاد ترى يدك إن وضعتها أمام وجهك، اضطرّ كاميرون إلى إضافة إضاءةٍ خفيفةٍ ليتمكّن المشاهد من متابعة بقيّة القصّة، وكانت الإضاءة خافتةً ومنطقيّةً، من دون أن تتسبّب بظلالٍ تشير إلى وجود مصدرٍ ضوئيٍّ لا ينبغي وجوده.

لكنْ لهذه القصّة نهايةٌ سعيدة؛ فكما يعلم الجميع، جيمس كاميرون هو أحد المستكشفين في العصر الحديث، ويقدّر في الواقع الجهود العلميّة، ونجاحه في فيلم التيتانيك كان أحد نجاحاته العديدة، كما أنّه عمل لسنوات عديدة في المجلس الاستشاريّ رفيع المستوى التابع لوكالة ناسا. التقيتُ به خلال حفل تكريمه من قِبل مجلة **Wired**، وأخبرته عندها بأخطائه في مشهد السماء في الفيلم، بعد أن انتحبتُ على هذا الأمر لعشر دقائق، أجابني قائلاً: «حقّق فيلم التيتانيك في أنحاء العالم جميعها أكثر من مليار دولار. تخيّل مقدار الأموال التي كان سيجنيها لو قدّمتُ مشهداً دقيقاً لسماء اللّيل!».

تصرّفتُ بأدبٍ وعدتُ إلى طاولتي، وشعرتُ بالحرج لإثارة هذا الموضوع، وبعد شهرين، تلقّيتُ مكالمةً هاتفيّةً في عملي، كان خبيراً للتصوير الحاسوبيّ من قسم ما بعد الإنتاج التابع لجيمس كاميرون، وأخبرني بقيامهم بإعادة إصدار الفيلم، في إصدارٍ خاصٍّ لهواة جمع الأفلام، وبرغبتهم في استخدام مشهدٍ دقيقٍ علميّاً لسماء اللّيل بمساعدتي، فقمتُ ببناء المشهد، وبالطبع لم أترك أيّة زاويةٍ يمكن أن ينظر إليها بطلا الفيلم: كيت وينسليت، وليوناردو دي كابريو، في أثناء غرق السفينة بدون دراسة.

المرّة الوحيدة التي تكبّدتُ فيها عناء كتابة شكوى لِوجود خطأ علميّ، كانت بعد مشاهدتي الفيلم الرومانسيّ الكوميدي «*L.A. Story*» 1991. يستخدم كاتب الفيلم ومنتجه، ستيف مارتن، مراحل القمر للدلالة على مرور الوقت من الهلال إلى البدر، حتّى الآن يبدو الأمر بسيطاً، وأشكر المخرجَ على إدخال عنصرٍ علميٍّ من الكون في فيلمه، لكنّ القمر كَبرَ في الاتّجاه الخاطئ! المناطق كلّها التي تقع شمال خطّ الاستواء، مثل: لوس أنجلوس، يكبر القمر فيها من اليمين إلى اليسار.

عندما يكون القمر هلالاً رفيعاً، ستجد الشمس على يمينه بزاوية قدرها 20 أو 30 درجة،

ومع دورانه حول الأرض تزداد الزاوية بينه وبين الشمس، ما يسمح بإضاءة المزيد من سطحه المرئيّ، ويصل إلى إضاءةٍ بنسبة 100% بالنسبة إلينا عند الدرجة 180. (يُعرف ترتيب الأرض-الشمس-القمر هذا بـ«الاقتران»، ويعطينا قمراً بدراً، وأحياناً خسوفاً).

كَبرَ القمر في فيلم ستيف مارتن بالاتّجاه المعاكس؛ من اليسار إلى اليمين، وكانت رسالتي للسيد مارتن مهذّبةً ومحترمةً، وكُتبت على افتراض أنّه يرغب بمعرفة الحقائق الكونيّة. مع الأسف، لم أتلقَّ أيّ ردّ، ربّما لأنّني كنتُ في ذلك الوقت في مرحلة الدراسات العليا، ولم يكن اسمي يحمل أيّ لقبٍ علميٍّ لافتٍ للنظر.

في فيلم «*The Right Stuff*» 1983، يوجد العديد من الأخطاء العلميّة؛ تظهر المغالطة الأبرز عندما يقوم تشاك ييغر، أوّل من يطير بسرعةٍ أكبر من سرعة الصوت، بالارتفاع ليصل إلى 80,000 قدم، مسجّلاً ارتفاعاً وسرعةً قياسيّة، ويحصل المشهد في صحراء موهافي في كاليفورنيا؛ حيث نادراً ما تُشاهد سُحُبٌ من أيّ نوع، مع ذلك تظهر في المشهد غيومٌ منتفخةٌ بيضاء اللّون في السماء. سيزعج هذا الخطأ علماء الأرصاد الجويّة؛ فهذه الغيوم لا توجد في الغلاف الجويّ الحقيقيّ للأرض على ارتفاع أعلى من 20,000 قدم.

أفترض أنّ المُشاهِد لن تكون لديه فكرة واضحة عن مدى سرعة الطائرة بدون هذه التأثيرات البصريّة، لذلك أفهم دافع المخرج فيليب كوفمان في هذا المشهد، لكنْ كانت لديه خيارات أُخرى: توجد أنواعٌ أُخرى من الغيوم، مثل: السحاب الرقيق (الطخرور)، والسُّحُب الليليّة المضيئة التي توجد على ارتفاعاتٍ عاليةٍ جدّاً؛ من الجيّد لنا جميعاً أن نعرف معلوماتٍ كهذه.

فيلم «*Contact*» 1997، مستوحى من رواية كارل ساجان من عام 1983 التي تحمل الاسْم نفسه، وهو فيلمٌ فلكيٌّ يحوي مغالطاتٍ علميّةً محرجةً للغاية. بالنسبة إليّ لم أقرأ الكتاب، لكنّ الرأي العامّ أنّ الكتاب أفضل من الفيلم. يروي الفيلم ما يمكن أن يحدث عندما يجد البشر حياةً ذكيّةً في المجرّة ويتواصلون معها، فتروي البطلة عالمة الفيزياء الفلكيّة (قامت بالدور الممثلة جودي فوستر)، خطأً أساسيّاً للفيلم يقوم على معلوماتٍ مستحيلةٍ رياضيّاً، بينما تجلس مع حبيبها الكاهن السابق (قام بالدور الممثل ماثيو ماكونهي)، ويظهر وراءهما أكبر تلسكوب راديويّ في العالم، تقول: «إذا كان هناك 400 مليار نجمٍ في المجرّة، ونجمٌ واحدٌ من مليون تدور حوله كواكب، وكوكبٌ واحدٌ من مليون يحمل حياةً على سطحه، وواحدٌ من مليون يحمل حياةً ذكيّةً، فهناك -إذنْ- ملايين الكواكب أمامنا لاكتشافها». هذا خطأ حسابيّ؛ وفقاً لأرقامها تكون النتيجة «0.0000004» كوكب يحمل حياةً ذكيّة، لكنّ عبارة «واحد من مليون» الخاطئة علميّاً تبدو أقوى تأثيراً على الشاشة من «واحد من عشرة»، لكنْ لا يمكن لأحدٍ أن يحرِّف الرياضيّات.

يوجد مسوّغٌ رياضيٌّ لجملة الممثلة، فهي قراءةٌ واضحةٌ لمعادلة دريك الشهيرة التي تحدّثنا عنها سابقاً، والتي قدّمها عالِم الفلك فرانك دريك لحساب احتمال العثور على حياةٍ ذكيّةٍ في المجرّة استناداً إلى سلسلةٍ من العوامل، تبدأ بالعدد الكليّ للنجوم في المجرّة؛ لهذا السبب، كان هذا أحد أهمّ المشاهد في الفيلم. إذنْ، على من نلقي اللّوم لهذا الخطأ؟ لن ألوم كتّاب السيناريو، على الرغم من أنّ عباراتهم قيلت حرفيّاً، إنّني ألوم الممثّلة. جودي فوستر هي الممثلة الرئيسة، وهي تشكّل خطّ الدفاع الأخير ضدّ الأخطاء التي تصل إليها في الحوار؛ لذا عليها تحمُّل جزء من المسؤوليّة، كما أنّها تخرجّت في جامعة يال، وبالتأكيد يتعلّمون الحساب هناك.

خلال السبعينيّات والثمانينيّات من القرن الماضي، اعتمدت السلسلة التلفزيونيّة الطويلة «*As The World Turns*»، شروق الشمس كافتتاحيّةٍ لها، وغروبها كخاتمة؛ تتناسب هذه اللفتة السينمائيّة مع عنوان السلسلة. الأمر السيّئ أنّ مشهد شروق الشمس كان في الحقيقة مشهداً للغروب عُرِضَ باتّجاهٍ زمنيٍّ معاكس. لم يلقِ أحدٌ اهتماماً إلى أنّ الشمس في كلّ يومٍ من أيّام السنة، في نصف الكرة الشماليّ، تتحرك بزاويةٍ إلى أعلى ويمين نقطة الأفق التي تشرق منها، وفي نهاية اليوم تنحدر إلى الأسفل واليمين في أثناء غروبها. في افتتاحيّة السلسلة، تشرق الشمس متحرّكةً نحو اليسار في أثناء ارتفاعها، ومن الواضح أنّه مشهدٌ لغروب الشمس، لكنّه معروضٌ بالعكس. إمّا أنّ المنتجين كسالى إلى درجة أنْ لا أحد استيقظ ليصوِّر شروق الشمس الفعليّ، وإمّا أنّهم صوّروا شروق الشمس في نصف الكرة الأرضيّة الجنوبيّ، ثمّ ركضوا نحو نصف الكرة الشماليّ ليصوِّروا مشهد الغروب. لو أنّهم اتّصلوا بأحد علماء الفيزياء الفلكيّة المحليّين، لأوصى أيّ منهم -في حال رغبتهم بتوفير المال، وعدم تصوير مشهدٍ إضافيّ- بأن يُعكس مشهد غروب الشمس في المرآة في أثناء عرضه بالعكس للوصول إلى الشروق الصحيح علميّاً؛ كان فعل ذلك سيرضي الجميع.

تمتدّ الأميّة الفلكيّة التي لا تُغتفر أبعد من التلفاز، والأفلام، واللّوحات الفنيّة في اللّوفر؛ ففي محطّة غراند سنترال في نيويورك، يرتفع السقف الشهير المزيّن بالنجوم فوق أعدادٍ كبيرةٍ من المسافرين المنشغلين. لم أكن سأشعر بالحنق لو لم يدّعِ الرّسامون الأصليّون أنّهم يصوِّرون سماءً حقيقيّةً، لكنّ هذه اللّوحة التي تبلغ مساحاتها ثلاثة أفدنة، تضمّ بين عدّة مئاتٍ من النجوم، عشرات من الكوكبات النجميّة الحقيقيّة التي تظهر روعتها مع مجرّة درب التبّانة في مكانها الصحيح. بصرف النظر عن اللّون المخضرّ للسماء في اللّوحة، المشابه للمعدات المنزلية من شركة سيرز في فترة الخمسينيّات، تظهر السماء مقلوبةً، أجل، السماء مقلوبة! هذا الفعل كان شائعاً خلال عصر النهضة؛ حيث كانت السماء تُصوَّر على أنّ المشاهد يقف في مكانٍ أسطوريٍّ

«خارج السماء»، وينظر إلى الأسفل، إلى الأرض التي تحتلّ مركز العالم. سيكون هذا التصوُّر صحيحاً في حال كان مجسَّم الكرة الأرضيّة الذي تصنعه أصغر منك، لكنّ استعماله على سقفٍ يبلغ طوله 130 قدماً يتسبّب بإخفاقٍ ذريع في إيصال الفكرة، ووسط هذا المشهد المعكوس، رُسمت نجوم كوكبة الجبار متّجهةً إلى الأمام، ومنكب الجوزاء ورجل الجبار بالاتّجاه الصحيح.

الفيزياء الفلكيّة ليست العِلم الوحيد الذي يعاني أخطاء فنّانين ضعيفي الأداء، غالباً سيكون لدى الكثير من علماء الطبيعة ملحوظات تزيد على ما ذكرته، مثلاً: «هذا ليس الصوت الصحيح لهذا النوع من الحيتان»، «لا تنمو هذه النباتات في هذه المنطقة»، «لا علاقة لهذه التكوينات الصخريّة بتضاريس المنطقة في المشهد»، «هذا ليس الصوت الصحيح لهذا النوع من الإوزّ»، «لا يمكن لشجرة القيقب أن تحتفظ بأوراقها كلّها حتّى منتصف الشتاء».

في حياتي القادمة، لديّ النيّة بأن أفتتح مدرسةً للعلوم الفنيّة؛ حيث يمكن للمبدعين أن يمارسوا أعمالهم بعد معرفتهم بالعالم الطبيعيّ، وبذلك عند تخرُّجهم لن يُسمح لهم بتحريف الطبيعة إلّا بطرائق مستنيرةٍ علميّاً وتعزّز احتياجاتهم الفنيّة. مع تخرُّج دفعاتٍ من الطلّاب، سينال المُخرِج، والمُنتِج، والمُصمّم، والمصوِّر السينمائيّ عضويّةً في «الجمعيّة الموثوقة للحريّة الفنيّة والشعريّة».



القسم السابع

العِلم والإله

عندما تتعارض طرق المعرفة

- 40 -

في البدء[1]

تبيِّن الفيزياء الطُّرقَ التي تسلكها المادّة، والطاقة، والمكان، والزمان، والتفاعل بينها في الكون؛ هذه الشخصيّات الأربع، بأدائها المتداخل في مسرح الكون، تحكم الظواهر البيولوجيّة والكيميائيّة جميعها التي توصَّل العلماء حتّى الآن إلى تحديدها؛ لذا فكلّ شيءٍ أساسيٌّ ومألوفٌ لنا -نحن أبناء الأرض- يبدأ بقوانين الفيزياء.

في أيّ مجالٍ تقريباً من مجالات البحث العلميّ، خاصّةً الفيزياء، تسير حدود الاكتشاف جنباً إلى جنب مع الحدود القصوى للقياس. في القياس الأقصى للمادّة، نجد الجاذبيّة العظيمة تشوّه استمراريةَ نسيج الزمكان المحيط بالثقب الأسْود، وفي القياس الأقصى للطاقة، نجد الاندماج النوويّ الحراريّ في نوى النجوم التي تصل حرارتها إلى عشرة ملايين درجة، وفي أقصى ما يمكن أن نتخيّله، نجد الحرارة والكثافة العظيمتين اللّتَين سادتا خلال اللّحظات القليلة الأولى من عُمْر الكون.

حياتنا اليوميّة خاليةٌ من الفيزياء القصوى، وهذا أمرٌ جيّد. في صباح يومٍ عاديٍّ، تنهض عن السرير، وتتجوّل في المنزل، وتتناول طعامك، وتذهب إلى العمل، وفي المساء، تتوقّع عائلتك التي تنتظر عودتك ألّا تبدو مختلفاً عمّا كنتَ عليه عندما غادرتَ صباحاً، وأنْ تعود إلى المنزل سليماً، لكنْ تخيّل عند دخولك لاجتماع عمل الساعة 10:00 صباحاً في قاعةٍ ذات حرارةٍ مرتفعةٍ جدّاً، أن تفقد فجأةً الإلكترونات الموجودة في جسمك كلّها! أو الأسوأ، أن تتطاير كلّ ذرّةٍ من ذرّات جسمك بعيدة عن الأُخرى، أو افترض أنّك في أثناء جلوسك على مكتبك، أضاء أحدهم المصباح الموجود في السقف، ما تسبّب بانقذاف جسمك واصطدامه عشوائيّاً بين جدارٍ وآخر

---

(1) حاز هذا المقال جائزة المعهد الأمريكي للفيزياء للكتابة العلميّة لعام 2005

حتّى خروجك أخيراً من النافذة، أو تخيّل أن تذهب لمشاهدة مباراة مصارعة السومو، لترى المصارعَيْن يصطدمان ببعضهما، ثمّ يختفيان، ثمّ يصبحان شعاعين من الضوء.

لو حدثت هذه المشاهد يومياً، فلن تبدو الفيزياء الحديثة غريبةً كما تبدو الآن، وسنكتسب حينها المعرفة بأساسيّاتها على نحوٍ طبيعيٍّ من تجارب حياتنا، وربّما يخاف علينا أحبّاؤنا، فلا يسمحون لنا بالذهاب خارج المنزل. بالعودة إلى الدقائق الأولى من عُمْر الكون، كانت مثل هذه الأمور تحدث طوال الوقت، ولتصوُّر هذا وفهمه، لا بدّ للمرء من أن يُنشئ شكلاً جديداً من المنطق السليم، والحدْس المرن، حول كيفيّة تطبيق القوانين الفيزيائيّة في أقصى درجات الحرارة، والكثافة، والضغط.

أهلاً بك في عالم $E = m\,c^2$

نشر ألبرت أينشتاين لأوّل مرّةٍ نسخةً من هذه المعادلة الشهيرة في عام 1905 في ورقةٍ بحثيّةٍ بعنوان «في الديناميكا الكهربائيّة للأجسام المتحرّكة». تُعرف هذه الورقة بالنظريّة النسبيّة الخاصّة، وقد غيّرت تماماً مفهوم المكان والزمان؛ قدّم أينشتاين، الذي كان يبلغ من العمر 26 عاماً فقط، مزيداً من التفاصيل حول معادلته الأنيقة في ورقةٍ منفصلةٍ قصيرةٍ نُشرت لاحقاً في العام نفسه بعنوان: «هل يعتمد القصور الذاتيّ (العطالة) لجسمٍ ما على محتواه من الطاقة؟». كي لا تَهدُر وقتاً وجهداً في البحث عن الورقة، وتصميم التجربة، واختبار النظريّة بنفسك، سأخبرك بالجواب: «نعم». كما كتب أينشتاين:

> إذا أطلق جسمٌ ما طاقة E بشكل إشعاع، فإنّ كتلته تتناقص بمقدار $E\backslash c^2$.... كتلة الجسم هي مقياس لمحتواه من الطاقة؛ إذا تغيّرت الطاقة، فإنّ الكتلة تتغيّر بالمعنى نفسه. (1952، ص 71).

لم يكن أينشتاين متأكّداً إن كانت عبارته حقيقةً، فاقترح:

> ليس مستحيلاً مع الأجسام ذات المحتوى المتغيّر بشدّة من الطاقة (مثل: أملاح الراديوم)، أن تنجح النظريّة تحت الاختبار. (1952، ص 71).

وبذلك أصبح لديك الوصف الجبريّ لأيّة مرّةٍ ترغب فيها بتحويل المادّة إلى طاقةٍ، والطاقة إلى مادّة. بهذه الجُمل البسيطة، أعطى أينشتاين -عن غير قصدٍ- علماء الفيزياء الفلكيّة أداةً حسابيّةً (وهي $E = m\,c^2$)، يمكن استعمالها لدراسة الكون، من اللّحظة الراهنة ورجوعاً في الماضي إلى الكسور غير المتناهية في الصغر من الثانية التالية لولادته.

أكثر أشكال الطاقة شيوعاً هو الفوتون: وهو جُسيمٌ لا يتجزّأ من الضوء، ولا كتلة له. نحن مغمورون دائماً بالفوتونات: من الشمس، والقمر، والنجوم، إلى الفرن في منزلك، والمصابيح والثريا المعلّقة في السقف. إذنْ، لِمَ لا نختبر المعادلة $E = m c^2$ يومياً؟ لأنّ طاقة فوتونات الضوء المرئيّ أقلّ كثيراً من أقلّ طاقةٍ للجُسيمات دون الذريّة، ولا يمكن لهذه الفوتونات أن تتحوّل إلى شيءٍ آخر؛ لذا فهي تعيش حياةً سعيدةً خاليةً من الأحداث نسبيّاً.

أتريد أن تشهد بعض الأحداث؟ جرِّب أن تتسكّع قرب فوتونات أشعّة غاما التي تملك طاقةً هائلةً تفوق طاقة فوتونات أشعّة الضوء المرئيّ بـ 200,000 ضعف، ستُصاب بالسرطان وتموت سريعاً، لكنْ قبل ذلك، سترى أزواجاً من الإلكترونات -إلكتروناً عاديّاً، وإلكتروناً مُضاداً في إحدى الثنائيّات الديناميكيّة في كون الجُسيمات- تظهر إلى الوجود في المكان الذي كانت الفوتونات تتجوّل فيه، وسترى أيضاً هذه الأزواج من الإلكترونات العاديّة والمُضادّة تتصادم وتفني بعضها، وتطلق بذلك أشعّة غاما مرّةً أُخرى. إذا قمتَ بزيادة طاقة هذا الضوء ألفي مرّة، سيصبح لديك أشعّة غاما تكفي لتحويل شخصٍ عاديٍّ إلى وحشٍ أخضر، كما في فيلم The Hulk، لكنّ أزواج هذه الفوتونات تملك الآن ما يكفي من الطاقة لتولّد تلقائيّاً الجسيمات الأكبر كتلةً من نيوترونات وبروتونات وأزواجها من المادّة المُضادّة.

لا تتجوّل الفوتونات عالية الطاقة في أيّ مكان، لكنّها لا تحتاج أيضاً إلى مكانٍ خياليٍّ لتوجد فيه، يكفي أن تكون درجة حرارة المكان تزيد على بضعة مليارات درجة لتوجد أشعّة غاما فيه.

إنّ الأهميّة الكونيّة للجُسيمات وحزم الطاقة التي تتحوّل إلى بعضها مذهلة! درجة حرارة الكون المتوسّع في الوقت الراهن، بحسابها من قياس الأمواج الصُغريّة للضوء الذي ينتشر في الفضاء، تساوي 2.73 درجة كلفن فقط، ومثل فوتونات الضوء المرئيّ، نجد فوتونات الأمواج الصُغريّة باردةً إلى درجة أنّها لا تملك أيّ طموحٍ لتتحوّل إلى جُسيماتٍ أُخرى عبر المعادلة $E = m c^2$؛ في الواقع لا يمكنها أن تتحوّل تلقائيّاً إلى أيّة جُسيماتٍ معروفة. بالأمس، كان الكون أصغر وأكثر سخونةً، وفي اليوم السابق، كان أصغر وأكثر سخونةً أيضاً. قُم بتدوير عقارب الساعة إلى الوراء بعيداً أكثر، مثلاً: 13.7 مليار عام، وستعود حينها إلى الحساء البدائيّ للانفجار العظيم، حين كانت حرارة الكون عاليةً بما يكفي لتثير اهتمام الفيزياء الفلكيّة.

يُعدّ الطريق الذي سلكته المادّة، والطاقة، والزمان، والمكان ليتوسّع الكون ويبرد منذ البداية، أحد أعظم القصص التي رُويت على الإطلاق، لكنْ لتفسير ما حدث في تلك البوتقة الكونيّة، يجب أن نجد طريقاً لدمج قوى الطبيعة الأربع في قوّةٍ واحدةٍ، وطريقاً للتوفيق بين فرعين مختلفين في الفيزياء: ميكانيكا الكمّ (علم الأبعاد الصغيرة)، والنسبيّة العامّة (علم الأبعاد الكبيرة).

انطلق الفيزيائيّون في منتصف القرن العشرين، بعد التوافق بين ميكانيكا الكمّ والكهرومغناطيسيّة، في سباقٍ لدمج نظريّة الكمّ ونظريّة النسبيّة العامّة، في نظريّة «الجاذبيّة الكموميّة»، وعلى الرغم من أنّنا لم نصل إلى خطّ النهاية بعد، إلّا أنّنا نعرف بالضبط أين توجد العقبات الكبيرة: في أثناء «حقبة بلانك»، هذه المرحلة تمتدّ من البداية (بداية الانفجار العظيم) إلى 10^{-43} ثانية (جزء من عشرة مليون تريليون تريليون تريليون جزء من الثانية)، وقبل أن يصل تمدّد حجم الكون إلى 10^{-35} متراً (جزء من مئة مليار تريليون تريليون جزء من المتر)، قدّم الفيزيائيّ الألمانيّ ماكس بلانك -الذي سُمّيَت باسمه هذه الكميّات التي لا يمكن تخيّل صِغَرِها- فكرةَ الطاقة الكموميّة عام 1900، ويعود الفضل له عموماً في نشأة ميكانيكا الكمّ.

لكن لا داعي للقلق؛ لا يمثّل الصدام بين الجاذبيّة وميكانيكا الكمّ أيّة مشكلةٍ عمليّةٍ في الكون المعاصر؛ حيث يطبّق علماء الفيزياء الفلكيّة مبادئ وأدوات كلٍّ من النسبيّة العامّة وميكانيكا الكمّ على فئاتٍ مختلفةٍ للغاية من المسائل، لكنْ في البداية، خلال حقبة بلانك، كان الكبيرُ صغيراً، ولا بدّ من أنّ الجاذبيّة وميكانيكا الكمّ توافقتا مجبَرتين بطريقةٍ ما. مع الأسف، ما زالت شروط هذا التوافق بعيدةً عن فهمنا لها، ولا توجد قوانين فيزيائيّة (معروفة) تصِف بثقةٍ سلوك الكون خلال تلك المدّة القصيرة جدّاً.

في نهاية حقبة بلانك، تملّصت الجاذبيّة من قوى الطبيعة التي ما تزال موحَّدةً، محقّقةً هويّةً مستقلّةً يمكننا وصفها على نحوٍ جيّدٍ وفق نظريّاتنا الراهنة، ومع تجاوز عُمْر الكون 10^{-35} ثانية، استمرّ بالتوسّع وانخفاض درجة الحرارة، وما تبقّى من القوى الموحَّدة انقسم إلى القوّة الكهربائيّة الضعيفة، والقوّة النوويّة القويّة، ولاحقاً، انقسمت القوّة الكهربائيّة الضعيفة إلى القوّة الكهرومغناطيسيّة، والقوّة النوويّة الضعيفة، ما كشف عن القوى الأربع المميّزة في الكون التي نعرفها: القوّة النوويّة الضعيفة التي تتحكّم بالتحلّل الإشعاعيّ، والقوّة النوويّة القويّة التي تجمع النوى، والقوّة الكهرومغناطيسيّة التي تجمع الجُزيئات، وقوّة الجاذبيّة التي تربط المادّة المتجمعة (أو الكتل الأكبر). كان عُمْر الكون حتّى تلك اللحظة لا يزيد على جزءٍ من تريليون من الثانية، مع ذلك كانت القوى السحريّة وأحداث خطِرة أُخرى قد صبغت الكون بخصائص أساسيّة تستحقّ كلّ واحدةٍ منها كتاباً خاصّاً بها.

خلال الجزء الأوّل من تريليون جزءٍ من الثانية من عُمْر الكون، كان تفاعل المادّة والطاقة مستمرّاً، وقبل مدّةٍ وجيزةٍ من انقسام القوى النوويّة القويّة والكهربائيّة الضعيفة، وفي أثناء الانقسام وبعده، كان الكون عبارة عن محيطٍ هائجٍ من الكواركات والليبتونات ونظائرها من المادّة المُضادَّة، إلى جانب البوزونات؛ وهي الجُسيمات التي تمكّنها من التفاعل مع بعضها.

لا يُعتقد أنّ أيّاً من هذه الجُسيمات يمكن تجزئته إلى شيءٍ أصغر، أو أساسيٍّ أكثر، وعلى الرغم من أنّها أساسيّة، إلّا أنّ لها أنواعاً، مثلاً: فوتون الضوء المرئيّ العاديّ هو بوزون من عائلة البوزونات، وأكثر أشكال الليبتونات المألوفة عند غير الفيزيائيّين هو الإلكترون، وربّما النيوترينو؛ أمّا الكوارك... حسناً، ما من شكلٍ مألوفٍ للكوارك، وسُمِّيت أنواع الكواركات بأسماء لا تحمل أيّ هدفٍ لغويٍّ، أو فلسفيٍّ، أو تعليميٍّ، باستثناء تمييزها عن بعضها: عُلْويّ، سُفليّ، غريب، ساحر، قِمّي، وقَعريّ[1].

أمّا بالنسبة إلى أسماء الجُسيمات نفسها، فالبوزون سُمّيَ باسْم العالِم الهنديّ ساتيندرا ناث بوز. والليبتون، أُشتق اسمه من الكلمة اليونانيّة Leptos، التي تعني: «صغير، أو خفيف»؛ أمّا الكوارك، فيحمل اسْمه أصلاً أدبيّاً أكثر إبداعاً؛ حيث افترض الفيزيائيّ موري جيلمان في عام 1964 وجود الكوارك، واعتقد حينها أنّ له ثلاثة أنواع فقط، وسمّاه مقتبِساً من سطرٍ مُبهمٍ ومميّزٍ لجيمس جويس في روايته «يقظة فينيغان» (1939): «ثلاثة كواركات لِموستر مارك!»[2]. هناك شيءٌ جيّدٌ بالنسبة إلى أسماء أنواع الكواركات: كلّها بسيطة، وهو أمرٌ يبدو علماء الكيمياء، والأحياء، والجيولوجيا، عاجزين عن تحقيقه عند تسمية اكتشافاتهم.

الكوارك وحشٌ غريبٌ! بخلاف البروتون ذي الشحنة الكهربائيّة +1، والإلكترون ذي الشحنة الكهربائيّة -1، يملك الكوارك شحنةً كهربائيّةً كسريّةً تُقسم إلى ثلاثة أثلاث، ولا يوجد كوارك وحيد؛ بلْ يتشبّث دائماً بكوارك قريب منه. في الواقع، تزداد القوّة التي تربط اثنين (أو أكثر) كلّما حاولت الفصل بينهما، كما لو أنّها مربوطةٌ ببعضها برابطة شريط مطّاطيّ، وإذا تمكّنت من إبعادهما مسافةً كافيةً، سيتقلّص الرباط المطاطيّ بسرعةٍ، ما يستدعي الطاقة المخزَّنة وفق المعادلة $E = m c^2$ لتولّد كواركاً جديداً عند كلّ طرف، ما يعني أنّك عدت من حيث بدأت.

في أثناء حقبة كوارك-ليبتون، كان الكون كثيفاً بما يكفي لأنْ ينافس معدّلُ الفصل بين الكواركات غير المرتبطة الفصلَ بين الكواركات المرتبطة، في هذه الظروف، لا يمكن أن يتحقّق

---

(1) تعود أسماء أنواع الجُسيمات ما دون الذريّة إلى اختيار العلماء حين اكتشافها. مثلًا: يعود سبب تسمية أنواع الكوارك «علويّ» و«سفلي» إلى عناصر حمل اللفّ النظائريّ العلويّة والسفليّة، والكوارك «الغريب» بسبب استمرار حياته مدّةً أطول من المتوقّع على نحوٍ غريب؛ أمّا «الساحر»، فقد قال العالِم شيلدون جلاشو الذي اكتشفه: «سنسمّيه ساحراً؛ لأنّنا مسحورون ومعجبون بالتناظر في عالَم ما دون الذرّة»؛ أمّا القِمّي والقعريّ، فكانت تسميتهما سابقاً هي: «الحقيقة» و«الجمال»، لكنّها أُلغيت وأُستبدلت بها الأسماء الجديدة المتوافقة منطقيّاً مع الأعلى والأسفل تبعاً لخصيصة الإيزوسبين التي تحملها هذه الجسيمات. (م).

(2) استوحى موري جيلمان الاسم من صوت الإوز «كواك»، وفي أثناء بحثه عن طريقةٍ لكتابته وجد عبارة جيمس جويس واعتمد عليها في تسمية الجُسيم الجديد. (م).

الاستقرار بين الكواركات القريبة من بعضها، وستتحرك بحريّةٍ، على الرغم من ارتباطها جماعيّاً ببعضها. أُعلن عن اكتشاف هذه الحالة، وهي نوعٌ من حساء الكواركات، لأوّل مرّةٍ عام 2002 من قِبل فريقٍ من الفيزيائيّين في مختبرات بروكهيفن الوطنيّة.

تشير الدلائل النظريّة القويّة إلى أنّه في مرحلةٍ من مراحل الكون المبكّر، ربّما في أثناء انقسام أحد القوى، كان الكون في حالة تناظرٍ مدهشٍ؛ حيث فاق عدد جُسيمات المادّة العاديّة جُسيمات المادّة المُضادّة بما لا يتجاوز ملياراً وواحداً مقابل مليار؛ هذا الفرق الصغير للغاية لم يُلحَظ وسط عمليّتي: الخلق، والإبادة المستمرّين بين المادّتين، وإعادة تكوين الكواركات والكواراكات المُضادّة، والإلكترونات والإلكترونات المُضادّة (المعروفة بالبوزيترونات)، والنيوترينوات والنيوترينوات المُضادّة. كان للجُسيم الفائض الكثير من الاحتمالات ليلتقي بجُسيمٍ مضادٍّ، ويفني أحدهما الآخر.

لكنْ ليس لوقتٍ أطول من ذلك، بينما كان الكون يتوسّع ويبرد، أصبح حجمه بحجم النظام الشمسيّ، مع درجة حرارةٍ تنخفض بسرعةٍ إلى أقلّ من تريليون درجة كلفن.

مضى جزءٌ من مليون من الثانية منذ البداية.

لم يعد الكون حارّاً وكثيفاً بما يكفي لطبخ الكواركات؛ لذا تمسّك كلٌّ منها بشريك رقصٍ، وخلقوا عائلةً جديدةً دائمةً من الجُسيمات الأثقل تُسمّى الهادرونات (من الكلمة اليونانيّة Πάχος التي تعني: سميك). سرعان ما أدّى هذا التحوّل من كوارك إلى هادرون، إلى ظهور البروتونات، والنيوترونات، والجُسيمات الثقيلة الأقلّ شهرةً، التي تتكوّن جميعها من مجموعاتٍ مختلفةٍ من أنواع الكواركات، وانتقل الآن التباين الطفيف بين المادّة والمادّة المُضادّة في حساء كوارك-ليبتون إلى الهادرونات، لكنْ مع عواقب غير عاديّة.

بينما كانت حرارة الكون تنخفض، انخفضت أيضاً كميّة الطاقة المتاحة للتوليد التلقائيّ للجُسيمات الأساسيّة، وخلال حقبة الهادرون، لم تعد الفوتونات المحيطة قادرةً على تطبيق معادلة $E = m\ c^2$ لتوليد أزواجٍ من الكوارك والكوارك المُضادّ، وليس هذا فحسب، فقدت الفوتونات التي انبثقت من الإبادة المتبقيّة الطاقةَ لصالح الكون المتوسّع، وانخفضت إلى ما دون العتبة المطلوبة لتوليد أزواجٍ من الهادرون والهادرون المُضادّ، مقابل كلّ مليار فناء -تاركاً وراءه مليار فوتون- نجا هادرون واحد. سيشهد أولئك الناجون الأحداث الممتعة كلّها: العمل كمصدرٍ للمجرّات، والنجوم، والكواكب، والبشر، ولولا التباين بمليار وواحد مقابل مليار بين المادّة والمادّة المُضادّة، لما كانت الكتلة كلّها في الكون موجودة، لكانت فنيت، ولكان الكون مكوّناً من فوتونات الضوء فقط، وهو السيناريو الأساسيّ لـ «ليكُن نوراً».

إلى الآن، مضت ثانيةٌ واحدةٌ من عُمْر الكون.

ازداد حجم الكون إلى ما يقارب بضع سنين ضوئيّة؛ أي: ما يعادل المسافة التي تفصل الشمس عن أقرب نجمٍ إلينا، وبحرارةٍ تبلغ مليار درجةٍ، ما زال الجوّ حارّاً للغاية، ومازال بالإمكان طهو الإلكترونات، التي تستمرّ إلى جانب نظرائها من البوزيترونات، في الظهور والاختفاء من الوجود، لكنْ في كونٍ مستمرٍّ بالتوسّع والبرود ستكون أيّام عمرها (بعبارة أدقّ: ثواني عمرها) قصيرة، وما كان صحيحاً بالنسبة إلى الهادرونات صحيح للإلكترونات. في النهاية، ينجو إلكترونٌ واحدٌ من مليار، وتفنى البقيّة كلّها، مع نظرائها من المادّة المُضادَّة، وتترك بفنائها بحراً من الفوتونات.

الآن، جرى الحفاظ على إلكترونٍ واحدٍ في الوجود لكلّ بروتون، وبينما يستمرّ الكون بالبرود إلى أقلّ من 100 مليون درجة، تندمج البروتونات مع بعضها، ومع النيوترونات، مكوّنين نوى ذريّةً، ليولد من هذه النوى كونٌ يحوي بنسبة 90% نوى هيدروجين، و10% نوى هيليوم، إلى جانب كميّاتٍ ضئيلةٍ من الديتيريوم، والتريتيوم، والليثيوم.

مضت -حتّى الآن- دقيقتان من عُمْر الكون منذ البداية.

لا يحدث الكثير لحساء الجُسيمات خلال 380,000 سنة التالية، فخلالها تبقى الحرارة مرتفعةً بما يكفي لبقاء الإلكترونات حرّةً تتجوّل بين الفوتونات وتصطدم بها جيئةً وذهاباً.

لكنّ هذه الحريّة تنتهي نهايةً مفاجئةً عندما تنخفض حرارة الكون إلى أقلّ من 3,000 كلفن (قرابة نصف حرارة سطح الشمس)، وتتّحد الإلكترونات كلّها مع النوى الحرّة، وينتج عن الاتّحاد غمرٌ من فوتونات الضوء المرئيّ، وبذلك يكتمل تشكُّل الجُسيمات والذرّات في الكون البدائيّ.

بينما يستمرّ الكون بالتوسّع، تستمرّ الفوتونات بفقدان الطاقة، لتتحوّل من أشعّة الضوء المرئيّ إلى الأشعّة تحت الحمراء، إلى الأمواج الصُّغريّة.

أينما ننظر في الكون -نحن علماء الفيزياء الفلكيّة- فإنّنا نجد بصمةً لا تُمحى من فوتونات الأمواج الصُّغريّة ذات الدرجة 2.73 كلفن، التي يحتفظ نمطها في السماء بذاكرة توزيع المادّة قبل تشكيل الذرّات، ونستنتج من هذا أشياء كثيرة، بما فيها عُمْر الكون وشكله، وعلى الرغم من أنّ الذرّات أصبحت الآن جزءاً من الحياة اليوميّة، إلّا أنّه ما زال أمام معادلة أينشتاين الكثير من العمل لتفسير ما يحدث في مسرّعات الجُسيمات حيث يولَّدُ أزواج الجُسيمات والجُسيمات المُضادَّة روتينيّاً من حقول الطاقة، وفي قلب الشمس حيث يُحوَّل 4.4 مليون طنّ من المادّة إلى طاقةٍ في كلّ ثانيةٍ، وفي قلب النجوم الأُخرى كلّها.

كما نجد هذه المعادلة بالقرب من الثقوب السوداء أيضاً، خارج أفق الحدث للثقب الأسْود، حيث يمكن لأزواج الجُسيمات والجُسيمات المُضادَّة أن تظهر إلى الوجود وتختفي على حساب طاقة الجاذبيّة الهائلة للثقب الأسْود. وصف ستيفن هوكينغ هذه العمليّة لأوّل مرّةٍ عام 1975، موضحاً أنّ كتلة الثقب الأسْود يمكن أن تتبخّر ببطءٍ بسبب حدوث هذا. بمعنى آخر: الثقوب السوداء ليست سوداء بالمطلق، وتُدعى هذه الظاهرة اليوم «إشعاع هوكينغ»، وتذكُّرنا باستمرار بخصوبة المعادلة $E = m\,c^2$.

لكن ما الذي حدث قبل هذا كلّه؟ ما الذي كان قبل البداية؟

ليس لدى علماء الفيزياء الفلكيّة أيّة فكرة، أو يمكننا القول: إنّ أفكارنا الأكثر إبداعاً في الإجابة عن هذا السؤال ليس لها أسس في العلوم التجريبيّة، مع ذلك، يميل بعض المتديّنين إلى التأكيد -بنفحةٍ من العجرفة- على أنّ شيئاً ما يجب أن يبدأ قبل كلّ شيء؛ قوّةٌ أكبر من القوى كلّها، مصدراً لكلّ شيء؛ المحرّك الأوّليّ.

في ذهن الشخص المتديّن، هذا الشيء هو -بالطبع- الإله.

لكنْ ماذا إن كان الكون موجوداً دائماً، في حالة لم نتمكّن بعد من اكتشافها؟ مثلاً: حالة الكون المتعدّد، أو ماذا لو أنّ الكون، مثل جُسيماته؛ انبثق إلى الوجود من العدم؟

لا ترضي مثل هذه الأجوبة أحداً، كما أنّها تذكُّرنا بأنّ الجهل هو الحالة الطبيعيّة للعقل في أثناء بحثه العلميّ عن الحدود المتغيّرة باستمرار. الناس الذين يعتقدون أنّهم يعرفون كلّ شيءٍ لم يبحثوا قطّ عن الحدود بين ما هو معروف وبين ما هو غير معروف في الكون، وهنا يكمن الانقسام الرائع! «كان الكون موجوداً دائماً». هو جواب غالباً ما يُقابَل على أنّه غير كافٍ، وغير مقبولٍ لسؤال: «ما الذي كان قبل البداية؟». أمّا بالنسبة إلى بعض المتديّنين، فإنّ إجابةً مثل: «كان الإله موجوداً دائماً» هي الجواب المنطقيّ والمُرضي لسؤال: «ما الذي كان قبل الإله؟».

بصرف النظر إلى أيّ جانبٍ تميل، فإنّ الانخراط في السعي لاكتشاف أين وكيف بدأت الأمور يثير الحماس العاطفيّ، كما لو أنّ معرفة البداية تعطيك قوّةً، أو ربّما حكماً على ما سيحدث لاحقاً. إذنْ، ما يصحُّ على الحياة يصحُّ على الكون أيضاً؛ لا تقلُّ معرفة من أين أتيت أهميّةً عن معرفة إلى أين تذهب.

- 41 -

الحروب المُقدَّسة

في كلّ محاضرةٍ عامّةٍ أُلقيها، أفسح في النهاية وقتاً للإجابة عن أسئلة الحضور. مواضيع الأسئلة متوقَّعة غالباً؛ أوّلاً: تكون الأسئلة حول موضوع المحاضرة، تُطرح أسئلة بعد ذلك حول مواضيع جذّابة في الفيزياء الفلكيّة، مثل: الثقوب السوداء، والكوازار، ونظريّة الانفجار العظيم، إنْ كان لديّ ما يكفي من الوقت لأُجيب عن الأسئلة كلها، وإن كنتُ ألقي المحاضرة في أمريكا، تصل مواضيع الأسئلة أخيراً إلى الإله. الأسئلة النموذجيّة هي: هل يؤمن العلماء بالإله؟ هل تؤمن بالإله؟ هل زادت دراسة الفيزياء الفلكيّة من إيمانك أم أنقصته؟

توصّل أصحاب دور النشر إلى أنّ الكتب المتعلّقة بالإله تعود عليهم بالربح الوفير، خاصّةً إن كان المؤلِّف عالِماً، وضمّن عنوان الكتاب عبارةً علميّةً إلى جانب أُخرى دينيّة، وتوجد كتبٌ ناجحةٌ، منها: «الإله وعلماء الفلك»[1] لروبرت جاسترو، و«جُسَيم الرَّب»[2] لليون إم ليدرمان، و«فيزياء الخلود: علم الكونيّات الحديث والإله وقيامة الموتى»[3] لفرانك تيبلر، و«الإله والفيزياء الجديدة»[4] و«عقل الإله»[5] لبول دافيس؛ هؤلاء المؤلّفون كلّهم من علماء الفيزياء، أو الفيزياء الفلكيّة البارعين، ومع أنّ هذه الكتب ليست دينيّةً بحتة، لكنّها تشجِّع القرّاء على إدخال الإله في حوارات الفيزياء الفلكيّة، حتّى الراحل ستيفن جاي غولد، وهو الداروينيّ اللاأدريّ المخلِص،

---

(1) *God and the Astronomers*, By Robert Jastrow

(2) *The God Particle*, By Leon M. Lederman

(3) *The Physics of Immortality: Modern Cosmology, God, and the Resurrection of the Dead*, By Frank J. Tipler

(4) *God and the New Physics*, By Paul Davies

(5) *The Mind of God*, By Paul Davies

انضمّ إلى ذلك الموكب في عمله «الصخرة الأبديّة: العِلم والدين في كمال الحياة»[1]. يشير النجاح الماليّ لهذه الأعمال إلى ضمان حصولك على الكثير من الأموال من الجمهور الأمريكيّ إن كنتَ عالِماً يتحدّث بصراحةٍ عن الإله.

بعد نشر كتابه «فيزياء الخلود»، الذي يناقش إن كانت قوانين الفيزياء تسمح لك ولروحك بالوجود بعد رحيلك من هذا العالم، قام فرانك تيبلر بجولةٍ قدّم فيها العديد من المحاضرات التي دفعت المجموعات الدينيّة البروتستانتيّة مبالغ جيّدةً مقابل إلقائها، وازدهر هذا القطّاع المربِح في السنوات الأخيرة؛ بسبب الجهود التي بذلها المؤسِّس الثريّ لصندوق تمبلتون للائتمان، السير جون تمبلتون، بهدف إعادة نشر فكرة احتواء الدين للعِلم، والتناغم بين العلم والدين، وبلغ السعي لنشر هذه الأفكار حدّاً غريباً، فإضافةً إلى رعاية وِرش العمل والمؤتمرات حول هذا الموضوع، تسعى مؤسّسة تمبلتون إلى منح العلماء الأصدقاء للدين -الذين ينشرون أعمالهم على نطاقٍ واسعٍ- جائزةً تتجاوز قيمتها النقديّة جائزة نوبل!

يجب ألّا يكون هناك شكّ، على الرغم ممّا يحدث الآن؛ في أنّه ما من أرضيّةٍ مشتركةٍ بين العِلم والدين، كما وُثِّق تماماً في كتاب «تاريخ حروب العلوم مع اللاهوت في المسيحيّة» لأندرو وايت، من القرن التاسع عشر، وهو مؤرِّخٌ ورئيس جامعة كورنيل سابقاً. يكشف التاريخ في هذا الكتاب عن صراعٍ طويلٍ بين الدين والعِلم، ويتوقّف ذلك على من يسيطر على المجتمع في ذلك الوقت، وتعتمد ادِّعاءات العِلم على التحقّق التجريبيّ، بينما تعتمد ادِّعاءات الأديان على الإيمان، وهاتان المقاربتان غير قابلتين للتوفيق بينهما في الوصول إلى المعرفة، ما يؤكّد جدالاً خالداً متى وأينما التقى المعسكران، لكنْ كما هو الحال في المفاوضات على الرهائن، من الأفضل الإبقاء على التواصل بين الطرفين المُتنازِعَين.

لم يكن الشقاق بسبب عدم وجود محاولاتٍ سابقةٍ للجمع بين الطرفين، على العكس، فقد استثمرت العقول العلميّة العظيمة -من بطليموس في القرن الثاني إلى نيوتن في القرن السابع عشر- جهداً هائلاً في محاولاتٍ لاستنتاج طبيعة الكون من العبارات والفلسفات الموجودة في النصوص الدينيّة. في الواقع، عند وفاة نيوتن، كان قد صاغ أفكاراً عن الإله والدين أكثر منها عن قوانين الفيزياء، بما فيها محاولته، التي أخفقت، للاعتماد على التسلسل الزمنيّ في التوراة لفهم الأحداث في العالم الطبيعيّ، والتنبّؤ بها. لو نجح أيٌّ من هذه الجهود السابقة، لما تمكّنا اليوم من التمييز بين الدين والعِلم.

الجدال بسيط؛ لا يوجد أيّ تنبّؤٍ ناجح عن العالم الماديّ استُنتِجَ، أو استُقرِئَ من محتوى

(1) *Rock of Ages: Science and Religion in the Fullness of Life*, By Stephen Jay Gould

وثيقةٍ دينيّة. في الواقع، سأجادل على نحوٍ أقوى: في كلّ مرّةٍ حاول فيها الناس تقديم تنبّؤاتٍ دقيقةٍ حول العالَم الماديّ باستعمال مستنداتٍ دينيّةٍ، كانوا مخطئين بوضوح؛ وأعني بالتنبّؤ بياناً دقيقاً حول سلوكٍ غير مُختبَرٍ **بَعد** لجسمٍ، أو ظاهرةٍ في العالم الماديّ قد سُجِّلَ **قبل** وقوع الحدث؛ أمّا إذا تنبأ النموذج الخاصّ بك بأمرٍ ما **بعد** حدوثه، فهذا ليس تنبّؤاً، بل عليك أن تدعوه «تنبؤاً بعد الحدث». يُعدّ «التنبّؤ بعد الحدث» أساس معظم أساطير الخلق، وتشبه مجموعة قصص الأطفال المشهورة التي كتبها روديارد كبلينغ؛ حيث يشرح تفسيرُ الظواهر اليوميّة ما هو معروفٌ سابقاً؛ أمّا في العِلم، فإنّ تنبّؤاً فعليّاً وحيداً ناجحاً يعادل في قيمته وأهميّته مئةً من «تنبّؤ ما بعد الحدث».

تتصدّر الادعاءاتُ الدائمة حول نهاية العالم قائمةَ التنبّؤات الدينيّة، ولم تثبت صِحّة أيّ منها بعد، لكنّه تنبّؤ غير مؤذٍ، على أنّ هناك ادّعاءات وتنبّؤات أُخرى أوقفت بالفعل تطوّر العِلم، أو حتّى إنّها عكَسَته، ونجد مثالاً مهمّاً على ذلك في محاكمة غاليليو (التي أراها إحدى مآسي الإنسانيّة في الألفيّة الثانية): الذي أظهر أنّ الكون يختلف اختلافاً أساسيّاً عن وجهة النظر السائدة في الكنيسة الكاثوليكيّة، وفي محاكم التفتيش، بدا الكون المتمركز حول الأرض منطقيّاً، ومع تصميم وصنع معدّاتٍ كاملةٍ من الأفلاك الدائريّة التي تشرح حركة الكواكب في سماء اللّيل ذات النجوم الثابتة، بدا أنّ النموذج القديم للكون المتمركز حول الأرض لا يتعارض مع أيّة عمليّات رصدٍ معروفة، واستمرّ هذا الاعتقاد مدّةً طويلةً بعد أن قدّم كوبرنيكوس نموذجه للكون المتمركز حول الشمس بعد قرنٍ من ذلك. توافق نموذج مركزيّة الأرض مع تعاليم الكنيسة الكاثوليكيّة، والتفسيرات السائدة للكتاب المقدّس؛ حيث خُلقت الأرض قبل الشمس والقمر كما توضح الآيات الأولى من سفر التكوين. إنْ كنتَ من خُلِقَ أوّلاً، يجب أن تكون في مركز الحركة كلّها، إضافةً إلى افتراض أنّ الشمس والقمر أجسامٌ مصقولةٌ؛ لأنّ الإله الكامل لا يمكن أن يخلق أجساماً غير كاملة.

تغيّر هذا كلّه باختراع التلسكوب ورصد غاليليو للسماء، وكشف الجهاز البصريّ الجديد عن جوانب من الكون تتعارض بقوّةٍ مع مفاهيم الناس لِكَونٍ إلهيٍّ مركزه الأرض وخالٍ من العيوب؛ سطح القمر صخريٌّ ممتلئٌ بالحفر، وعلى سطح الشمس بقع قاتمةٌ، وللمشتري أقمار تدور حوله وليس حول الأرض، ومرّ الزهرة بأطوارٍ مثل أطوار القمر. لاكتشافاته ذات التغيير الجذريّ للمفاهيم السائدة التي هزّت عرش العالم المسيحيّ؛ ولأنّه كان متباهياً بها، حوكِم غاليليو وأُدين بتهمة الهرطقة، وحُكِم عليه بالإقامة الجبريّة، وتُعدّ هذه عقوبةً خفيفةً بالنسبة إلى ما حدث

للراهب جوردانو برونو: قبل ذلك بعقود، أُدين برونو بتهمة الهرطقة وأُحرق؛ لأنّه افترض أنّ الأرض قد لا تكون المكان الوحيد الذي يحمل الحياة في الكون.

العلماء الأكْفاء -الذين يتبعون المنهج العلميّ بطريقةٍ سليمةٍ- معرَّضون للخطأ طبعاً؛ فمعظم ادِّعاءات العلماء التي تُقدَّم على الحدود بين المعرفة والجهل، يثبت خطأها في النهاية، ويرجع ذلك في المقام الأوّل إلى البيانات الخطأ، أو غير المكتملة، وأحياناً إلى خطأ العالِم نفسه، لكنّ الطريقة العلميّة التي تسير أحياناً في طرقٍ تبدو مغلقة النهاية فكريّاً، قد تعزّز أيضاً أفكاراً، ونماذجَ، ونظريّاتٍ تنبّئيّةً يمكن أن تثبت صحّتها في النهاية، وحتّى الآن، لم تنجح أيّة مؤسّسةٍ أُخرى في تاريخ الفكر الإنسانيّ، باستثناء المؤسّسة العلميّة؛ في فكّ رموز طرق الكون وفهمها.

تُتّهم المؤسّسة العلميّة من حينٍ إلى آخر بأنّها مؤسّسةٌ عنيدةٌ، أو مغلقة الأفق، وغالباً ما يطلق هذه الاتّهامات الأشخاص الذين يزعجهم دحض العلم للتنجيم، والظواهر الخارقة، ومشاهدات الكائنات الغريبة، وغيرها من الأحداث، وتثير مثل هذه الظواهر اهتمام الإنسان، لكنّها تخفق دائماً في الاختبارات العلميّة، كاختبار التعمية المزدوجة، أو في تقديم الأدلّة الموثوقة على حدوثها، لكنّ هذا الشكّ ليس بالأمر السيّئ؛ فالعلماء يطبقّون المستوى نفسه من الشكّ على الادّعاءات التي تظهر في مجلّات البحوث العلميّة المهنيّة؛ معاييرنا متطابقة على الجميع، على سبيل المثال: عندما ادّعى الكيميائيّان: ستانلي بونس، ومارتن فلايشمان في مؤتمر صحفيّ أنهما تمكّنا من توليد اندماجٍ نوويٍّ باردٍ في مختبرهما، تصرّف العلماء تجاه هذا الادّعاء بسرعةٍ وتشكيكٍ، وفي غضون أيّامٍ أُعلِنَ أنّه ما من أحدٍ تمكّن من تكرار نتائج الاندماج البارد التي ادَّعى بونس وفلايشمان أنّهما حقّقاها، ورُفِضَ عملهما. تجري حوادث مماثلة كلّ يومٍ تقريباً (من دون الحاجة إلى مؤتمر صحفي) من التشكيك العلمي، ورفض الادِّعاءات غير المُثبَتة، لكنْ ما يصل إلى مسمعك غالباً في الإعلام هو الحوادث التي قد تؤثّر على الاقتصاد فقط.

يتميّز طريق العِلم بتقصِّي العلماء هذه الشكوك العديدة، ويتفاجأ بعض الناس عندما يعلمون أنّ العلماء الذين ينالون أكبر الجوائز، ويُشاد بإنجازهم، هُم الذين يكتشفون ثغرات في النماذج الراسخة، ويتشارك الثناء مع هؤلاء، العلماءُ الذين يجدون طرائقَ جديدةً لفهم الكون، ومعظم العلماء المشهورين، نالوا الشهرة والمديح خلال حياتهم، فجهودهم العلميّة كانت مفتوحةً للنقاش معهم مباشرةً. إنّ طريق النجاح هذا في الحياة المهنيّة للفرد يتناقض مع طرائق أيّة مؤسّسةٍ بشريّةٍ أُخرى تقريباً، خاصّةً المؤسّسة الدينيّة.

لا يعني أيٌّ من كلامي السابق أنّه لا وجود لعلماء متديّنين؛ حيث يُظهر استطلاعٌ حديثٌ للمعتقدات الدينيّة بين علماء في الرياضيّات والعلوم (Larson and Witham 1998) أنّ 65% من علماء الرياضيّات (النسبة الأعلى) صرّحوا بأنّهم متديّنون، وكذلك 22% من علماء الفيزياء والفلك (النسبة الأدنى)، وكان المعدّل الوطنيّ بين العلماء جميعهم قرابة 40%، وبقي من دون تغييرٍ تقريباً خلال القرن الفائت، وكمرجع أيضاً، يدّعي قرابة 90% من الشعب الأمريكيّ أنّهم متديّنون، وهي من أعلى النسب في المجتمع الغربيّ؛ لذا، إمّا أنّ العِلم يجذب الأشخاص غير المتديّنين، وإمّا أنّ البحث العلميّ يجعل الشخص أقلّ تديّناً.

لكن ماذا عن العلماء المتديّنين؟ لا يحصل الباحثون الناجحون على العِلم من معتقداتهم الدينيّة، ومن ناحيةٍ أُخرى، نجد مساهمة العِلم قليلةً، أو معدومةً في الآداب، والإلهام، والأخلاق، والجمال، والحبّ، والكراهية، والجماليّات؛ هذه العناصر حيويّةٌ في الحياة المُتحضِّرة، ومحوريّةٌ في اهتمامات كلّ ديانةٍ تقريباً؛ هذا يعني أنّه بالنسبة إلى كثيرٍ من العلماء لا يوجد تضارب في مصالحهم.

كما سنرى بالتفصيل، عندما يتحدّث العلماء عن الإله، فإنّهم عادةً ما يستحضرون ذكره عند حدود المعرفة، حيث علينا أن نتواضع أكثر ونندهش أكثر بالعجائب التي لا ندرك حقيقتها.

هل يمكن للمرء أن يتعب من العجائب؟

في القرن التاسع عشر، شعر ألفونسو الحكيم (ألفونسو العاشر) ملك إسبانيا، الذي كان أكاديمياً بارعاً، بالإحباط؛ بسبب تعقيد دوائر بطليموس التي تمثّل الكون ومركزه الأرض، ولم يكن متواضعاً حين قال: «لو كنتُ موجوداً عند الخليقة، كنتُ سأعطي بعض النصائح المفيدة للوصول إلى ترتيبٍ أفضل للكون». (Carlyle 2004، الكتاب الثاني، الفصل السابع).

وفي اتّفاقٍ تامٍّ مع إحباط الملك ألفونسو في محاولته فهم الكون، أشار ألبرت أينشتاين في رسالةٍ إلى أحد زملائه: «إذا كان الله هو خالق هذا العالم، فبالتأكيد كان همُّه الوحيد ألّا يجعله يسير الفهم بالنسبة إلينا». (1954). وعندما لم يستطع أينشتاين أن يعرف كيف ولماذا يتطلّب الكون الحتميُّ الاحتماليّةَ التي تقول بها ميكانيكا الكمّ، قال: «من الصعب استراق النظر إلى أوراق لعب الله، لكنّ ذلك يعني أنّ الله يلعب النرد مع العالم... وهو شيءٌ لا أصدّقه للحظةٍ واحدة». (Frank 2002، ص208). وحين أظهرت نتيجة التجربة، أنّها لو صَحَّت ستنقض نظريّته عن الجاذبيّة، قال أينشتاين: «الله بارعٌ، لكنّه ليس ظالماً». (Frank 2002، ص285). بعد أن سمع الفيزيائيّ الدنماركيّ اللامع نيلز بور، وهو أحد معاصري أينشتاين، الكثير من ملحوظات أينشتاين حول الإله، قال: «على أينشتاين أن يتوقّف عن إخبار الله بما يجب فعله!». (Gleick 1999).

اليوم، تسمع بين الحين والآخر أحد علماء الفيزياء الفلكيّة (ربّما واحد من مئة) يذكر الإله عندما يُسأل عن مصدر القوانين الفيزيائيّة جميعها التي نعرفها، أو ما الذي كان موجوداً قبل الانفجار العظيم، وكما ذكرنا سابقاً، تصل هذه الأسئلة إلى الحدود الحديثة للاكتشاف الكونيّ، وتتجاوز أجوبتها البيانات المتاحة لنا والنظريّات التي يمكن أن نقدِّمها، هناك بعض الأفكار الواعدة، مثل: التضخُّم الكونيّ، أو نظريّة الأوتار، ويمكن أن تقدِّم في النهاية أجوبةً عن هذه الأسئلة، ما يدفع حدود المعرفة أمامنا لنجد حدوداً جديدةً نرهبها.

رأيي الشخصيّ براغماتيٌّ تماماً، ويتوافق جزئيّاً مع آراء غاليليو، الذي يُنسب إليه في أثناء محاكمته قوله: «يعلِّمنا الكتاب المُقدَّس الطريقَ إلى السموات، وليس طريقة عملها». (Drake 1957، ص 186). قال غاليليو أيضاً، في رسالةٍ إلى دوقة توسكانا الكبرى عام 1615: «أعتقد أنّ الله كتب كتابين: الأوّل هو الكتاب المُقدَّس الذي يمكن للبشر أن يجدوا فيه أجوبةً عن أسئلتهم عن القِيَم والأخلاق، وكتاب الله الثاني هو كتاب الطبيعة، الذي يسمح للبشر أن يستعملوا الملاحظة والتجربة للإجابة عن أسئلتهم الخاصّة حول الكون». (Drake 1957، ص 173).

أنا -ببساطة- مع ما ينجح، وما ينجح هو الشكوك الصحيّة المُتجسِّدة في المنهج العلميّ. صدِّقني! لو كان الكتاب المُقدَّس مصدراً ثريّاً للإجابات والفهم العلميّ، لقُمنا بالتنقيب فيه يوميّاً خلال رحلتنا لاكتشاف للكون، مع ذلك، تتداخل مفردات الإلهام العلميّ بقوّةٍ مع مفردات المتديّنين، وإنّني أشعر -مثل الآخرين- بالتواضع أمام وجود أجرام وظواهر الكون، وأتوه إعجاباً بروعتها، لكنّني أعلم وأقبل أنّه إذا اعتقدنا بوجود الإله لتسويغ ما لا نعرفه، سيأتي اليوم الذي سيمنحه العِلم لنا، عندما لا يبقى المزيد لنعرفه.

- 42 -

الجهل الذي يحيط بنا

في القرون السابقة، شعر العديد من العلماء بأنّهم مضطّرون لأن يستوحوا الشِّعر في حديثهم عن الألغاز الكونيّة، وعمل الإله في الكون. الأمر ليس مفاجئاً؛ فمعظم العلماء في ذلك الوقت، وكذلك العديد منهم اليوم، يعرِّفون أنفسهم على أنّهم متديِّنون روحانيّاً.

لكنّ قراءةً متأنّيةً للنصوص القديمة، خاصّةً تلك المتعلِّقة بالكون نفسه، تُظهِر أنّ العلماء كانوا يستحضرون ذكر الألوهيّة، فقط عندما يصلون إلى حدود فهمهم، ولا يناشدون القوّة العُظمى إلّا عندما يواجهون محيط جهلهم، ولا يدعون الإله إلّا من الحافّة، المتغيّرة دائماً، التي لا يدركون ما بعدها؛ أمّا عندما يشعرون بالثقة بتفسيراتهم العلميّة، فإنّ الإله يكاد لا يُذكر.

لنبدأ من القمّة: كان إسحق نيوتن أحد أعظم المفكِّرين الذين شهدهم العالم على الإطلاق، فسَّرت قوانينه للحركة وقانونه للجاذبيّة الكونيّة -التي وضعها في منتصف القرن السابع عشر- الظواهر الكونيّة التي حيَّرت الفلاسفة لآلاف السنين، ومن خلال تلك القوانين، يمكن للمرء أن يفهم قوى التجاذب الثقاليّ للأجسام بين بعضها في نظامٍ ما، وبذلك فهم المدارات التي تسير وفقها.

يقدّم لنا قانون نيوتن للتجاذب إمكانيّة حساب قوّة الجذب بين أيّ جسمين، إذا أضفتَ جسماً ثالثاً، سيجذب حينها كلّ جسمٍ الجسمين الآخرَين، وتصبح مداراتها أصعب في الحساب. أضِفْ جسماً آخر، وآخر، وهكذا، وسرعان ما يصبح لديك نموذج للكواكب في نظامنا الشمسيّ. تتجاذب الشمس والأرض، لكنّ المشتري أيضاً يجذب الأرض، وزُحل والمرّيخ أيضاً يجذبانها، ويجذب المشتري زُحل، وزُحل يجذب المرّيخ، وهكذا.

كان نيوتن يخشى أن تؤدّي قوى الجذب هذه إلى عدم استقرار المدارات في النظام

الشمسيّ، وأشارت معادلاته إلى أنّ الكواكب منذ وقتٍ طويلٍ كانت إمّا لتسقط في الشمس، وإمّا لتخرج من النظام إلى الفضاء، وتترك الشمس في الحالتين بدون كواكب، ومع ذلك، ظهر النظام الشمسي، والكون من حوله، كنموذجٍ للاستقرار والمتانة؛ لذا استنتج نيوتن -في كتابه العظيم «المبادئ»- أنّ الله يتدخّل أحياناً في نظام الكون ويصحّح أيّ خللٍ فيه:

> تدور الكواكب الستّة الرئيسة حول الشمس، في دوائر متّحدة المركز معها، ومع اتّجاه حركتها إلى الأجزاء نفسها، وتقريباً في المستوي نفسه... لكنْ لا ينبغي تصوّر أنّ الأسباب الميكانيكيّة وحْدها يمكنها أن تولّد حركاتٍ منتظمةً عديدة... لا يمكن أن يكون هذا النظام الجميل المؤلّف من الشمس، والكواكب، والمذنّبات، إلّا نتاج تخطيطٍ وتحكُّمٍ من كينونةٍ ذات قدرةٍ وإبداع. (1992، ص 544).

يميّز نيوتن في كتابه بين الفرضيّة والفلسفة التجريبيّة، ويقول: «لا مكان للفرضيّات سواء كانت غيبيّةً أم فيزيائيّةً، وسواء كانت بصفاتٍ غامضةٍ أم ميكانيكيّة، في الفلسفة التجريبيّة». (ص 547). ما عناهُ نيوتن هو البيانات «المستخلَصة من الظواهر»، لكنْ في غياب البيانات، عند الحدود بين ما يستطيع تفسيره وبين ما لا يمكنه إلّا أنْ يحترمه؛ أي: الأسباب التي يعرفها، والأسباب التي لم يتمكّن من معرفتها؛ يستحضر نيوتن ذكر الإله:

> أبديٌّ، ومطلقٌ، وكلّيّ القدرة، وعالِمٌ بكلّ شيء؛ ... يحكمُ كلّ شيءٍ، ويعلمُ كلّ ما كان وسيكون... نعرفه من خلال حكمته وتفوُّقه في اختراع الأشياء والأسباب النهائيّة؛ نحن نبجّله لكماله، لكنّنا نهابُه ونعبدُه لسلطانه. (ص 545).

بعد قرنٍ من الزمن، واجه عالم الفلك والرياضيّات الفرنسي بيير سيمون لابلاس معضلة نيوتن المتمثّلة في المدارات غير المستقرّة في النظام الشمسيّ، وعوضاً عن النظر إلى استقرار المدارات الذي لا يُعرف سببه على أنّه عملٌ إلهيٌّ غير قابلٍ للكشف، عدّهُ لابلاس تحدّياً علميّاً، وفي عمله الرائع متعدّد الأجزاء «ميكانيكا الأجرام السماويّة»، في المجلّد الأوّل الذي ظهر عام 1799، يوضح لابلاس أنّ النظام الشمسيّ مستقرٌّ على مدّة مراحل زمنيّة أطول ممّا توقّع نيوتن، ولحساب ذلك، ابتكر لابلاس نوعاً جديداً من الرياضيّات يُدعى نظرية الاضطِّراب، الذي مكّنه من دراسة الآثار التراكميّة لقوى صغيرة متعدّدة، ووفقاً لروايةٍ تُكرّر دائماً، لكنّها غالباً مزيّفة، وهي أنّ لابلاس أهدى نسخةً من كتابه إلى صديقه المهتمّ بالفيزياء نابليون بونابرت، الذي سأله: ما دور الإله في بناء الكون وتنظيمه، فأجابه لابلاس: «سيّدي، لم أكن في حاجةٍ إلى هذه الفرضيّة». (DeMorgan 1872).

على الرغم من ذلك دعا الكثير من العلماء -إلى جانب نيوتن- الإله في كلّ مرّةٍ يوصلهم فهمهم إلى الجهل. تأمّل ما قاله الفلكيّ الإسكندريّ بطليموس في القرن الثاني الميلادي، بتعابيره الجميلة، لكنْ بدون أنْ يفهم حركة الكواكب الحقيقيّة، فكتب مدفوعاً بحماسته الدينيّة في هامش كتابه «المجسطي»:

أعلم أنّني كائنٌ فانٍ وسريع الزوال؛ لكنّني عندما أتابع -بكلّ سعادةٍ- التفاف الأجرام السماويّة، لا أشعر بالأرض تحت قدميّ، فأنا الآن أقف بين يدي زيوس، وأكتفي من طعام الآلهة.

وتأمّل أيضاً عالم الفلك الهولنديّ كريستيان هويغنز في القرن السابع عشر، الذي تشمل إنجازاته إنشاء أوّل ساعة بندول، واكتشاف حلقات زُحل، في كتابه الساحر «اكتشاف الأجرام السماويّة»[1] الذي نُشر بعد وفاته عام 1698، نجد معظم الفصل الافتتاحيّ يحتفل بما كان معروفاً كلّه حينها من أشكال الكواكب، وأحجامها، ومداراتها، إضافةً إلى سطوعها النسبيّ، وصلابتها المفترضة، ويتضمّن الكتاب أيضاً مخطّطاتٍ توضح هيكل النظام الشمسيّ؛ يغيب ذكر الإله عن هذا كلّه، على الرغم من أنّه قبل قرنٍ من الزمن، قبل إنجازات نيوتن، كانت مدارات الكواكب لغزاً يُنسب إلى قوى عُليا.

إنّ كتاب هويغنز مُترعٌ بالتخمينات حول وجود حياةٍ في النظام الشمسيّ، وهنا يطرح هويغنز أسئلةً لا يملك أجوبةً لها. هنا يذكر الألغاز البيولوجيّة التي واجهها في بحثه العلميّ، مثل: أصل تعقيد الحياة، ونظراً إلى أنّ علم الفيزياء كان في القرن السابع عشر أكثر تقدّماً من علم الأحياء، ذكر هويغنز تدخّل اليد الإلهيّة عندما تحدّث عن علم الأحياء:

أظنّ أنّه ما من أحدٍ يستطيع أن ينكر أنّ هناك ما هو أكثر من مجرّد اختراع، أو مجرّد إعجازٍ في إنتاج النبات والحيوان ونموّها، بخلاف الجماد الهامد الذي لا حياة فيه... لأنّ إصبع الله وحكمة العناية الإلهيّة تتجلّى فيها بوضوحٍ أكثر من غيرها. (ص 20).

يسمّي الفلاسفة العلمانيّون اليوم هذا النوع من الحجّة الإلهيّة بـ«إله الفجوات»، وهو اسمٌ مفيدٌ؛ لأنّ معرفة البشر لا ينقصها هذه الفجوات على الإطلاق.

كما كان العلماء، مثل: نيوتن، وهويغنز، وغيرهم من العلماء الكبار في القرون السابقة؛ موقّرين، كانوا أيضاً تجريبيّين، ولم يتراجعوا عن الاستنتاجات التي قادتهم إليها تجاربهم، وعندما

(1) The Celestial Worlds Discover'd. (م).

تعارضت اكتشافاتهم مع بنود الإيمان السائدة، أيّدوا اكتشافاتهم؛ لم يكن ذلك سهلاً، فقد واجهوا أحياناً معارضةً شديدةً، كما واجه غاليليو، الذي دافع عن الأدلّة التي اكتشفها بتلسكوبه ضدّ اعتراضاتٍ هائلةٍ من الكتاب المُقدَّس، و«المنطق العام».

ميَّز غاليليو بوضوحٍ بين دور الدين وبين دور العِلم؛ بالنسبة إليه، كان الدين خدمة الله وخلاص الأرواح، بينما كان العِلم مصدر الملحوظات الدقيقة، والحقائق المُثبَتَة، وفي رسالته إلى دوقة توسكانا الكبرى كريستينا عام 1615، لا يترك مجالاً للشكّ في موقفه من الكلام الحَرْفِيّ في الكتاب المُقدَّس:

> إنْ لم يقف المرء إلّا على المعنى النحويّ البسيط في شرح الكتاب المُقدَّس، ربّما يقع في الخطأ...
>
> يجب ألّا يكون أيّ شيءٍ فيزيائيّ يثبت لنا بالبرهان، عُرضَةً للسؤال (أو الإدانة) بناءً على شهادةٍ من مقاطع من الكتاب المُقدَّس الذي يحمل معانيَ مختلفةً بين كلماته...
>
> لا أجد نفسي مُجبراً على الإيمان بأنّ الله الذي وهبنا الحواسّ، والعقل، والذكاء، يريد منّا أن نتخلّى عن استخدامها. (Venturi 1818، ص 222).

في استثناءٍ نادرٍ بين العلماء، رأى غاليليو أنّ المجهول مكانٌ للاستكشاف، وليس لغزاً أبديّاً تمسك به اليد الإلهيّة.

طوال الوقت الذي كان يُنظر فيه إلى السماء على أنّها مجالٌ إلهيٌّ، كان عدم قدرة البشر على تفسير ظواهرها هي شهادةٌ راسخةٌ تدلّ على حكمة الإله العُليا وقوّته، لكنْ بدءاً من القرن السادس عشر، قدَّمت أعمال كوبرنيكوس، وكِبلر، وغاليليو، ونيوتن، ناهيك عن ماكسويل، وهايزنبرغ، وأينشتاين، وكلّ من اكتشف القوانين الأساسيّة للفيزياء؛ تفسيراتٍ عقلانيّةً لمجموعةٍ متزايدةٍ من الظواهر، وشيئاً فشيئاً خضع الكون أمام أساليب العِلم وأدواته، وكشف نفسه، وأصبح مكاناً يمكن للإنسان معرفته.

بعد ذلك، فيما يمكن تسميته انقلاباً فلسفيّاً مذهلاً، ولم يسبق له مثيل، بدأت حشود رجال الدين والعلماء بإعلان أنّ قوانين الفيزياء نفسها هي دليلٌ على حكمة الإله وقوّته.

كان أحد الموضوعات الشائعة في القرنين: السابع عشر، والثامن عشر، هو «الكون-الساعة»، وهو الكون المرتَّب، والعقلانيّ، والقابل للتنبؤ وفق القوانين الفيزيائيّة التي صاغها الإله، فالتلسكوبات المبكّرة، التي اعتمدت جميعها على الضوء المرئيّ، لم يكن لها إلّا دور صغير

في تغيير هذه الصورة للنظام المرتَّب؛ حيث بدا القمر يدور حول الأرض، والأرض والكواكب الأُخرى تدور حول محاورها وحول الشمس، والنجوم تسطع، والسُّدُم تسبح في الفضاء.

لم نكتشف حتّى القرن التاسع عشر، أنّ الضوء المرئيّ: وهو الحزمة التي يراها البشر؛ مجرّد حزمةٍ واحدةٍ من مجموعةٍ واسعةٍ من الإشعاع الكهرومغناطيسيّ. أُكتشفت الأشعّة تحت الحمراء عام 1800، والأشعّة فوق البنفسجية عام 1801، وأمواج الراديو عام 1888، والأشعّة السينيّة عام 1895، وأشعّة غاما عام 1900، وخلال القرن التالي، دخلت أنواعٌ جديدةٌ من التلسكوبات في الاستعمال، مزوّدةً بأجهزة استشعارٍ تمكّنها من رصد هذه الأجزاء غير المرئيّة سابقاً من الطيف الكهرومغناطيسيّ، وبدأ العلماء بذلك الكشف عن الخصائص الحقيقيّة للكون.

اتّضح أنّ بعض الأجرام السماويّة تسطع في النطاقات غير المرئيّة من الطيف أكثر منها في نطاق الضوء المرئيّ، كما أظهرت هذه النطاقات غير المرئيّة من الطيف أنّ الفوضى تنتشر في الكون: من انفجارات أشعّة غاما الهائلة، ونجوم نابضة قاتلة، وحقول جاذبيّة ساحقة للمادّة، وثقوب سوداء متعطّشة للمادّة تسلخ ما يجاورها من النجوم المتضخّمة، ونجوم مولودة حديثاً داخل جيوب منهارة من الغاز، وبينما أصبحت التلسكوبات العاديّة أكبر وأفضل، ظهر المزيد من الفوضى: مجرّات تصطدم وتحطّم بعضها، ونجوم فائقة الكتلة تنفجر كمُستعِرات عُظمى، ومدارات فوضويّة للكواكب والنجوم، وكما ذكرنا مسبقاً أنّ جوارنا الكونيّ: وهو الجزء الداخليّ من النظام الشمسيّ؛ معرِضُ رمايةٍ للكويكبات والمُذنّبات المارّة التي تصطدم بالكواكب من وقتٍ إلى آخر، التي تسبّبت في بعض الأحيان بمسح أجناسٍ كاملةٍ من النباتات والحيوانات عن الوجود على الأرض. إذنْ، تشير الدلائل إلى أنّنا لسنا في كونٍ منظّمٍ ومرتّبٍ يعمل كالساعة، بلْ نحن في غابةٍ من الأجرام العنيفة والمدمِّرة.

بالطبع، يمكن أن تكون الأرض أيضاً مكاناً مخيفاً؛ فهناك دببةٌ في الغابة يمكن أن تأكلك، وأسماك قرشٍ في المحيط يمكن أن تلتهمك، ويمكن للثلوج أن تجمّدك، وللصحارى أن تجفّفك، وللزلازل أن تدفنك، وللبراكين أن تحرقك، ويمكن أن تصيبك الفيروسات والبكتريا، وأن تمتصّ الطفيليّات سوائلك الحيويّة، وأن يسيطر السرطان على جسدك، وقد تتسبّب الأمراض الخلقيّة بموتك المبكّر، وحتّى إن كنتَ محظوظاً وكنتَ بصحّةٍ جيّدةٍ، ربّما يلتهم محصولك سرْبٌ من الجراد، أو تُغرِق مدينتك موجة مدٍّ عملاقة، أو يدمِّر إعصارٌ بلدتَك.

إذنْ، الكون يريد أن يقتلنا جميعاً، لكنْ دعونا نتجاهل -كما فعلنا من قبل- هذا التعقيد في الوقت الراهن.

يوجد العديد من الأسئلة، ربّما بأعدادٍ لا نهائيّة، تحوم على حدود العلم، وفي بعض الحالات، راوغت الأجوبة أفضل عقول جنسنا البشريّ لعقودٍ، أو حتّى لقرون، وفي أمريكا المعاصرة، أُعيد بعث فكرة أنّ الذكاء الإلهيّ هو الجواب الوحيد عن الألغاز كلّها، وتُدعى هذه النسخة الجديدة من «إله الفجوات» باسْمٍ جديدٍ هو «التصميم الذكيّ»؛ يشير المصطلح إلى كينونةٍ تملك قدرةً ذهنيّةً تتفوّق على أيّة قدرةٍ بشريّةٍ خَلَقَت، أو تسبّبت بما يوجد في العالم الماديّ كلّه، ولا يمكننا تفسيره بالأساليب العلميّة.

فرضيّةٌ مثيرةٌ للاهتمام!

لكن لِمَ نقيّد أنفسنا بأشياء عجيبةٍ، ومعقّدةٍ، وعصيّةٍ على فهمنا، وبعدئذٍ نُرجع سبب وجودها إلى ذكاءٍ متفوّق؟ عوضاً عن ذلك، لِمَ لا نحصي الأشياء ذات التصميم الخطأ، وغير العمليّ، وغير المفيد، التي تعكس غياب هذا الذكاء المتفوّق؟

خُذ شكل جسم الإنسان على سبيل المثال: نحن نأكل، ونشرب، ونتنفّس من الفتحة نفسها في رأسنا، لذا نحن معرَّضون للاختناق كثيراً، إلى درجة أنّه يحتلّ الترتيب الرابع في أسباب «الوفاة نتيجة إصابة» في الولايات المتّحدة. ماذا عن الغرق، وهو السبب الخامس بعد الاختناق؟ تغطّي المياه ثلاثة أرباع سطح الأرض، ومع ذلك، نحن مخلوقاتٌ برّيّةٌ يمكن لأحدنا أن يغرق إذا أبقى رأسه تحت الماء لبضع دقائق.

أو خُذ أعضاء الجسم عديمة الفائدة، مثل: خنصر القدم، ما فائدته؟ والزائدة الدوديّة، التي تتوقّف عن العمل بعد الطفولة، ولا نشعر بوجودها بعد ذلك إلّا في حالة «التهاب الزائدة الدوديّة»، وحتّى الأجزاء المفيدة من الجسم يمكن أن تتسبّب بالمشكلات، ولا يستطيع أحدنا حماية ركبتيه دائماً من الصدمات والحوادث، إلّا أنّ العِلم توصّل الآن إلى حلّ مشكلة الركبة باستبدالها جراحيّاً، لكنْ ماذا عن العمود الفقريّ؟ ربّما يستغرق بعض الوقت أنْ يجد أحدهم طريقةً لاستبداله.

ماذا عن القَتَلَة الصامتين؟ يسبّب كلٌّ من ارتفاع ضغط الدم، وسرطان القولون، والسُّكّري عشرات الآلاف من الوفَيات في الولايات المتّحدة كلّ عام، لكنْ من الممكن ألّا تعرف بإصابتك قبل أن يعلن الطبيب الشرعيّ ذلك. أمَا كان جميلاً لو أنّ «تصميم» جسمنا البشريّ مزوّدٌ بمقاييس حيويّة تخبرنا عن أخطارٍ كهذه مسبقاً؟ السيّارات التي نصمّمها نحن مثلاً، مزوّدة بأجهزة قياسٍ تخبرنا عن حالة السيّارة.

ومن هو الكوميديّ الذي صمّم المنطقة السفلى من جسدنا؟ مكانٌ ترفيهيٌّ مبنيٌّ على نظامٍ صرفٍ صحّيّ! كما تُعدّ العين غالباً أعجوبةً للهندسة البيولوجيّة، وبالنسبة إلى علماء الفيزياء

الفلكيّة، فالعين البشريّة كاشفٌ متوسّط الأداء، وكان من الأفضل أن تكون مجهّزةً لترى أجزاء الطيف غير المرئيّة جميعها. كم كان غروب الشمس ليبدو خاطفاً للأنفاس إذا تمكّنا من رؤية الأشعّة فوق البنفسجيّة، والأشعّة تحت الحمراء بالعين المجرّدة! وكم كان مفيداً لو تمكّنا بنظرةٍ واحدةٍ من تحديد مصادر الأمواج الصُّغريّة في البيئة من حولنا، أو نحدّد أيّ المحطّات الراديويّة تعمل! كم كان مفيداً لو كان بإمكاننا أن نلحظ كاشفات رادار الشرطة في اللّيل!

فكّر كم سيكون سهلاً التنقُّل في مدينةٍ لا نعرفها من قبل إن امتلكنا -مثل الطيور- إمكانيّة تحديد اتّجاه الشمال دائماً بسبب وجود المغنتيت (أحد أكاسيد الحديد) في رؤوسها، وكم من الأفضل أن نمتلك خياشيم ورئتين معاً، وستّة أذرع، أو حتّى ثمانية، عوضاً عن ذراعين اثنين، لنتمكّن من القيام بمهامّ عديدة في الوقت نفسه: كأنْ نقود السيّارة، ونتحدّث على الجوّال، ونغيّر محطّة الراديو، ونضع مساحيق التجميل على وجهنا، ونشرب العصير، ونحكّ أذننا اليسرى؛ ذلك كلّه في الوقت نفسه!

يمكن لتصميمٍ غبيٍّ أن يغذّي نفسه بالحركة، وربّما لا يكون النموذج الطبيعيّ المُفترَض، لكنّه موجودٌ في كلّ مكان، مع ذلك نجد الناس مستمتعين بالاعتقاد بأنّ أجسادنا، وعقولنا، وحتّى الكون الذي نعيش فيه؛ تمثّل ذروة الشكل والعقل، ربّما ينفع هذا التفكير في مكافحة الاكتئاب، لكنّه ليس تفكيراً علميّاً، ولم يكُن، ولن يكون أبداً.

إنّ طريقة التفكير التي ليست بالعلميّة، هي التي تنطوي على تقبّل الجهل؛ هذه الطريقة أساسيّةٌ في فلسفة «التصميم الذكيّ»، وهي: لا أعرف ما هذا! لا أعرف كيف يعمل هذا! إنّه معقّدٌ للغاية بالنسبة إليّ لأكتشفه! إنّه معقّدٌ للغاية بالنسبة إلى أيّ إنسان! إذنْ، لا بدّ من أنّه نتاج ذكاءٍ أعلى.

ماذا نفعل مع طريقة التفكير هذه؟ هل تتنازل عن حلّ المشكلات لشخصٍ أكثر ذكاءً منك؟ لشخصٍ ليس حتّى بشريّاً؟ هل تطلب إلى طلّابك الذين تعلّمهم أنْ يسألوا الأسئلة السهلة فقط؟

قد يوجد حدٌّ لما يمكن للعقل البشريّ أن يعرفه عن الكون، لكنْ كم سأكون متعجرفاً إن ادّعيتُ أنّه لا يمكن لأحدٍ أن يَحُلَّ مشكلةً ما لأنّني لم أعرف حلّها. تخيّل لو أنّ غاليليو ولابلاس فكّرا بهذه الطريقة! أو تخيّل الأفضل من ذلك، لو أنّ نيوتن لم يفكّر بهذه الطريقة، ويستسلم عند الحدود التي وصل إليها، ربّما كان قد حلّ مشكلة لابلاس قبل قرنٍ من الزمن، وجعل أمام لابلاس حدوداً جديدةً من الجهل ليعبُرها.

العلم هو فلسفة الاكتشاف؛ أمّا «التصميم الذكيّ» فأعدّه فلسفة الجهل، ولا يمكنك بناء

برنامجٍ للاكتشاف على افتراض أنْ لا أحد ذكيّ بما يكفي لمعرفة الإجابة عن المشكلة. ذات مرّة في قديم الزمان، عرَّف الناس الإله نبتون على أنّه مصدرٌ للعواصف البحريّة، اليوم نسمّي هذه العواصف أعاصير مداريّة، نعرف متى ومن أين تبدأ، ونعرف سببها، ونعرف ما يخفّف قوّتها المدمِّرة، ويمكن لأيّ شخصٍ درس الاحتباس الحراريّ أن يخبرك عن العوامل التي تزيد من خطرها، فالأشخاص الوحيدون الذين ما زالوا يسمُّون الأعاصير «أحداثاً إلهيّةً» هُم موظّفو شركات التأمين على الحياة.

إنّ القضاء على التاريخ الغنيّ والمنوّع للعلماء وغيرهم من المفكّرين الذين استحضروا ذكر الإله في أعمالهم لن يكون تصرّفاً أميناً من الناحية الفكريّة. بالتأكيد، يوجد مكانٌ مناسبٌ لاستحضار الذكاء الأعلى في المشهد الأكاديميّ؛ علم تاريخ الأديان مثلاً، والعلوم الفلسفيّة، وعلم النفس، لكنّ المكان الذي لا يمكن استحضاره فيه هو المختبرات العلميّة.

إذا لم تقتنع بعْد بالحُجج الأكاديميّة، فكِّر بالعوائد الماليّة، واسمح لفكرة «التصميم الذكيّ» بدخول كتب العلوم، وقاعات المحاضرات والمختبرات، وستبلغ تكلفة الاكتشافات العلميّة - الاكتشافات التي تقود اقتصاد المستقبل- حدوداً غير معقولة. لا أريد أن يتعلّم الطلّاب -الذين يمكنهم اختراق حدود الجهل الراهنة، وإنجاز اكتشافاتٍ غير مسبوقةٍ في مجال مصادر الطاقة المتجدّدة، أو السفر إلى الفضاء- أنّ أيّ شيءٍ لا يفهمونه، أو لا يدركونه بعْد، هو شيءٌ إلهيٌّ، وبذلك يتجاوز قدرتهم الفكريّة، فاليوم الذي يحدث فيه ذلك، سيجلس الأمريكيّون في رهبةٍ ممّا لا يعرفونه، بينما نراقب بقيّة العالم يتقدّم بجرأةٍ إلى ما لم يصل إليه أحدٌ من قبل.

جرت مراجعة الترجمة العربية بالتعاون مع مبادرة ناسا بالعربي، ويمكنكم الاطّلاع على معلومات أكثر حول مواضيع الكتاب في موقعهم عبر الرابط:



المراجع

Aristotle. 1943. *On Man in the Universe.* New York: Walter J. Black.

Aronson, A., and T. Ludlam, eds. 2005. *Hunting the Quark Gluon Plasma: Results from the First 3 Years at the Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC).* Upton, NY: Brookhaven National Laboratory.Formal Report: BNL-73847.

Atkinson, R. 1931. Atomic Synthesis and Stellar Energy. *Astrophysical Journal 73*: 250–95.

Aveni, Anthony. 1989. *Empires of Time.* New York: Basic Books.

Baldry, K., and K. Glazebrook. 2002. The 2dF Galaxy Redshift Survey: Constraints on Cosmic Star-Formation History from the Cosmic Spectrum. *Astrophysical Journal* 569: 582.

Barrow, John D. 1988. *The World within the World.* Oxford: Clarendon Press.

[Biblical passages] *The Holy Bible.* 1611. King James Translation.

Brewster, David. 1860. *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton*, vol. 2.Edinburgh: Edmonston.

[Bruno, Giordano] Dorothea Waley Singer. 1950. *Giordano Bruno (containing On the Infinite Universe and Worlds [1584]).* New York: Henry Schuman.

Burbidge, E. M.; Geoffrey. R. Burbidge, William Fowler, and Fred Hoyle. 1957. The Synthesis of the Elements in Stars. *Reviews of Modern Physics* 29:15.

Carlyle, Thomas. 2004. *History of Frederick the Great* [1858]. Kila, MT: Kessinger Publishing.

[Central Bureau for Astronomical Telegrams] Brian Marsden, ed. 1998. Cambridge, MA: Center for Astrophysics, March 11, 1998.

Chaucer, Geoffrey. 1964. Prologue. *The Canterbury Tales* [1387]. New York: Modern Library.

Clarke, Arthur C. 1961. *A Fall of Moondust.* New York: Harcourt.

Clerke, Agnes M. 1890. *The System of the Stars.* London: Longmans, Green, & Co.

Comte, Auguste. 1842. *Coups de la Philosophie Positive*, vol. 2. Paris: Bailliere.

———. 1853. *The Positive Philosophy of Auguste Compte*, London: J. Chapman.

Copernicus, Nicolaus. 1617. *De Revolutionibus Orbium Coelestium (Latin),* 3rd ed. Amsterdam: Wilhelmus Iansonius.

———. 1999. *On the Revolutions of the Heavenly Sphere (English).* Norwalk, CT: Easton Press.

Darwin, Charles. 1959. Letter to J. D. Hooker, February 8, 1874. In *The Life and Letters of Charles Darwin.* New York: Basic Books.

———. 2004. *The Origin of Species.* Edison, NJ: Castle Books.

DeMorgan, A. 1872. *Budget of Paradoxes.* London: Longmans Green & Co. de Vaucouleurs, Gerard. 1983. Personal communication.

Doppler, Christian. 1843. On the Coloured Light of the Double Stars and Certain Other Stars of the Heavens. Paper delivered to the Royal Bohemian Society, May 25, 1842. *Abhandlungen der Königlich Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften*, Prague, 2: 465.

Eddington, Sir Arthur Stanley. 1920. *Nature* 106:14.

———. 1926. *The Internal Constitution of the Stars.* Oxford, UK: Oxford Press.

Einstein, Albert. 1952. *The Principle of Relativity* [1923]. New York: Dover Publications.

———. 1954. Letter to David Bohm. February 10. Einstein Archive 8-041.

[Einstein, Albert] James Gleick. 1999. Einstein, *Time*, December 31.

[Einstein, Albert] Phillipp Frank. 2002. *Einstein, His Life and Times* [1947]. Trans. George Rosen. New York: Da Capo Press.

Faraday, Michael. 1855. *Experimental Researches in Electricity.* London: Taylor.

Ferguson, James. 1757. *Astronomy Explained on Sir Isaac Newton's Principles*, 2nd ed. London: Globe.

Feynman, Richard. 1968. What Is Science. *The Physics Teacher* 7, no. 6: 313–20.

———. 1994. *The Character of Physical Law*. New York: The Modern Library.

Forbes, George. 1909. *History of Astronomy*. London: Watts & Co.

Fraunhofer, Joseph von. 1898. *Prismatic and Diffraction Spectra*. Trans. J. S. Ames. New York: Harper & Brothers.

[Frost, Robert] Edward Connery Lathem, ed. 1969. *The Poetry of Robert Frost: The Collected Poems, Complete and Unabridged*. New York: Henry Holt and Co.

Galen. 1916. *On the Natural Faculties* [c. 180]. Trans. J. Brock. Cambridge, MA: Harvard University Press.

[Galileo, Galilei] Stillman Drake. 1957. *Discoveries and Opinions of Galileo*. New York: Doubleday Anchor Books.

Galileo, Galilei. 1744. *Opera*. Padova: Nella Stamperia.

———. 1954. *Dialogues Concerning Two New Sciences*. New York: Dover Publications.

———. 1989. *Sidereus Nucius* [1610]. Chicago: University of Chicago Press.

Gehrels, Tom, ed. 1994. *Hazards Due to Comets and Asteroids*. Tucson: University of Arizona Press.

Gillet, J. A., and W. J. Rolfe. 1882. *The Heavens Above*. New York: Potter Ainsworth & Co.

Gregory, Richard. 1923. *The Vault of Heaven*. London: Methuen & Co.

[Harrison, John] Dava Sobel. 2005. *Longitude*. New York: Walker & Co.

Hassan, Z., and Lui, eds. 1984. *Ideas and Realities: Selected Essays of Abdus Salaam*. Hackensack, NJ: World Scientific.

Heron of Alexandria. *Pneumatica* [c. 60].

Hertz, Heinrich. 1900. *Electric Waves*. London: Macmillan and Co.

Hubble Heritage Team. *Hubble Heritage Images*. http://heritage.stsci.edu.

Hubble, Edwin P. 1936. *Realm of the Nebulae.* New Haven, CT: Yale University Press.

———. 1954. *The Nature of Science.* San Marino, CA: Huntington Library.

Huygens, Christiaan. 1659. *Systema Saturnium (Latin).* Hagae-Comitis: Adriani Vlacq.

———. 1698. [*Cosmotheoros,*] *The Celestial Worlds Discover'd (English).* London: Timothy Childe.

Impey, Chris, and William K. Hartmann. 2000. *The Universe Revealed.* New York: Brooks Cole.

Johnson, David. 1991. *V-1, V-2: Hitler's Vengeance on London.* London: Scarborough House.

Kant, Immanuel. 1969. *Universal Natural History and Theory of the Heavens* [1755]. Ann Arbor: University of Michigan.

Kapteyn, J. C. 1909. On the Absorption of Light in Space. *Contrib. from the Mt. Wilson Solar Observatory,* no. 42, *Astrophysical Journal* (offprint), Chicago: University of Chicago Press.

Kelvin, Lord. 1901, Nineteenth Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light. In *London Philosophical Magazine and Journal of Science* 2, 6th Series, p. 1. Newcastle, UK: Literary and Philosophical Society.

———. 1904. *Baltimore Lectures.* Cambridge, UK: C. J. Clay and Sons.

Kepler, Johannes. 1992. *Astronomia Nova* [1609]. Trans. W. H. Donahue. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

———. 1997. *The Harmonies of the World* [1619]. Trans. Juliet Field. Philadelphia: American Philosophical Society.

Lang, K. R., and O. Gingerich, eds. 1979. *A Source Book in Astronomy & Astrophysics* . Cambridge: Harvard University Press.

Laplace, Pierre-Simon. 1995. *Philosophical Essays on Probability* [1814]. New York: Springer Verlag.

Larson, Edward J., and Larry Witham. 1998. Leading Scientists Still Reject God. *Nature* 394: 313.

Lewis, John L. 1997. *Physics & Chemistry of the Solar System.* Burlington, MA: Academic Press.

Loomis, Elias. 1860. *An Introduction to Practical Astronomy.* New York: Harper & Brothers.

Lowell, Percival. 1895. *Mars.* Cambridge, MA: Riverside Press.

———. 1906. *Mars and Its Canals.* New York: Macmillan and Co.

———. 1909. *Mars as the Abode of Life.* New York: Macmillan and Co.

———. 1909. *The Evolution of Worlds.* New York: Macmillan and Co.

Lyapunov, A. M. 1892. *The General Problem of the Stability of Motion.* PhD thesis, University of Moscow.

Mandelbrot, Benoit. 1977. *Fractals: Form, Chance, and Dimension.* New York: W.H. Freeman & Co.

Maxwell, James Clerke. 1873. *A Treatise on Electricity and Magnetism.* Oxford, UK: Oxford University Press.

McKay, D. S., et al. 1996. Search for Past Life on Mars. *Science* 273, no. 5277.

Michelson, Albert A. 1894. Speech delivered at the dedication of the Ryerson Physics Lab, University of Chicago.

Michelson, Albert A., and Edward W. Morley. 1887. On the Relative Motion of Earth and the Luminiferous Aether. In *London Philosophical Magazine and Journal of Science* 24, 5th Series.

Newcastle, UK: Literary and Philosophical Society.

Morrison, David. 1992. The Spaceguard Survey: Protecting the Earth from Cosmic Impacts. *Mercury* 21, no. 3: 103.

Nasr, Seyyed Hossein. 1976. *Islamic Science: An Illustrated Study.* Kent: World of Islam Festival Publishing Co.

Newcomb, Simon. 1888. *Sidereal Messenger* 7: 65.

———. 1903. *The Reminiscences of an Astronomer.* Boston: Houghton Mifflin Co.

[Newton, Isaac] David Brewster. 1855. *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton.* London: T. Constable and Co.

Newton, Isaac. 1706. *Optice (Latin)*, 2nd ed. London: Sam Smith & Benjamin Walford.

———. 1726. *Principia Mathematica (Latin)*, 3rd ed. London: William & John Innys.

———. 1728. *Chronologies*. London: Pater-noster Row.

———. 1730. *Optiks*, 4th ed. London: Westend of St. Pauls.

———. 1733. *The Prophesies of Daniel*. London: Pater-noster Row.

———. 1958. *Papers and Letters on Natural Philosophy*. Ed. Bernard Cohen. Cambridge, MA: Harvard University Press.

———. 1962. *Principia Vol. II: The System of the World* [1687]. Berkeley: University of California Press.

———. 1992. *Principia Mathematica (English)* [1729]. Norwalk, CT: Easton Press.

Norris, Christopher. 1991. *Deconstruction: Theory & Practice*. New York: Routledge.

O'Neill, Gerard K. 1976. *The High Frontier: Human Colonies in Space*. New York: William Morrow & Co.

Planck, Max. 1931. *The Universe in the Light of Modern Physics*. London: Allen & Unwin Ltd.

———. 1950. *A Scientific Autobiography (English)*. London: Williams & Norgate, Ltd.

[Planck, Max] 1996. Quoted by Friedrich Katscher in The Endless Frontier. *Scientific American*, February, p. 10.

Ptolemy, Claudius. 1551. *Almagest* [c. 150]. Basilieae, Basel.

Salaam, Abdus. 1987. The Future of Science in Islamic Countries. Speech given at the Fifth Islamic Summit in Kuwait, http://www.alislam.org/library/salam-2.

Schwippell, J. 1992. Christian Doppler and the Royal Bohemian Society of Sciences. In *The Phenomenon of Doppler*. Prague.

Sciama, Dennis. 1971. *Modern Cosmology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Shamos, Morris H., ed. 1959. *Great Experiments in Physics.* New York: Dover.

Shapley, Harlow, and Heber D. Curtis. 1921. *The Scale of the Universe.* Washington, DC: National Academy of Sciences.

Sullivan, W. T. III, and B. J. Cohen, eds. 1999. *Preserving the Astronomical Sky.* San Francisco: Astronomical Society of the Pacific.

Taylor, Jane. 1925. *Prose and Poetry.* London: H. Milford.

Tipler, Frank J. 1997. *The Physics of Immortality.* New York: Anchor.

Tucson City Council. 1994. *Tucson/Pima County Outdoor Lighting Code,* Ordinance No. 8210.

Tucson, AZ: International Dark Sky Association.

[Twain, Mark] Kipling, Rudyard. 1899. An Interview with Mark Twain. *From Sea to Sea.* New York: Doubleday & McClure Company.

Twain, Mark. 1935. *Mark Twain's Notebook.*

van Helden, Albert, trans. 1989. *Sidereus Nuncius.* Chicago: University of Chicago Press.

Venturi, C. G., ed. 1818. *Memoire e Lettere,* vol. 1. Modena: G. Vincenzi.

von Braun, Werner. 1971. *Space Frontier* [1963]. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Wells, David A., ed. 1852. *Annual of Scientific Discovery.* Boston: Gould and Lincoln.

White, Andrew Dickerson. 1993. *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom* [1896]. Buffalo, NY: Prometheus Books.

Wilford, J. N. 1999. Rarely Bested Astronomers Are Stumped by a Tiny Light. *The New York Times,* August 17.

Wright, Thomas. 1750. *An Original Theory of the Universe.* London: H. Chapelle.

فهرس الأسماء

- ن -

- هـ -

- و -

- ي -

فهرس المواضيع

نيل تايسون:

عالِمٌ أمريكيٌّ مختصٌّ بالفيزياء الفلكيّة، وهو أيضاً كاتبٌ ومقدّمٌ للعديد من البرامج التلفزيونيّة العلميّة، أشهرها: الكون: ملحمةٌ في الفضاء والزمن. يشتهر بفكاهته وقدرته على تبسيط المواضيع المعقّدة.

حصل على شهادة البكالوريوس في الفيزياء من جامعة هارفارد، وشهادة الدكتوراه في الفيزياء الفلكيّة من جامعة كولومبيا. يعمل الآن باحثاً في قسم الفيزياء الفلكيّة في المتحف الأمريكيّ للتاريخ الطبيعيّ، ومديراً للقبّة السماويّة «هايدن» التابعة للمتحف.

تنصبُّ أعمال تايسون البحثيّة في مجالات: علم الكون الفيزيائيّ، وتطوّر النجوم، وحوصلة المجرّات، وعلم الفلك المجريّ، وولادة النجوم؛ حيث أنجز في هذا المجال عدداً من المؤلّفات، وحصد العديد من الجوائز والتكريمات، إلى جانب حصوله على عشر شهادات دكتوراه فخريّة. ومن أبرز الجوائز التي حصدها: وسام وكالة ناسا للخدمة العامّة المتميّزة عام 1994، وجائزة العلوم الإنسانيّة الأمريكيّة عام 2007، وجائزة أفضل مقدّم برامج واقعيّة لعام 2014، وميداليّة ستيفن هوكينغ للعلوم والاتّصال عام 2017.

من كتبه:

- الموتُ في ثقبٍ أسْود ومآزق كونيَّةٌ أُخرى.
- أهلاً بكم في الكون.

رزان سلمان:

مهندسةٌ معماريّةٌ ومُترجِمةٌ. من مواليد 1989، اللاذقيّة، سوريا.

صدر بترجمتها:

- رواية الصفرK، تأليف دون دوليلو.
- رواية الفعليّ، تأليف سول بيلو.

- كيف تكون حرّاً: المُختصَر ومختارات من محادثات إبكتيتوس، تأليف أنطوني آرثر لونغ.

- اللا نهاية والعقل: علم وفلسفة اللا نهاية، تأليف رودي روكر.

- المدن المُتطرّفة: مخاطر وبشائر الحياة العمرانيّة في عصر التغيُّر المناخي، تأليف آشلي داوسون.

- ذرّات اللّغة، تأليف مارك سي. بايكر.

إضافةً إلى ترجمة العديد من المقالات الثقافيّة المتنوّعة، نُشرت في مجلّاتٍ ثقافيّةٍ، مثل: مجلّة جسور ثقافيّة، ومجلّة الإمارات الثقافيّة، وتأليف أبحاثٍ علميّةٍ نُشرت في مجلّة دمشق للعلوم الهندسيّة.



إصدارات دار ممدوح عدوان للنشر والتوزيع



لا أرى الكون مجموعةً من الأجسام، والنظريّات، والظواهر، بل أراه خشبة مسرحٍ واسعةً يتحرّك عليها الممثّلون مدفوعين بتعقيدات القصّة وحَبكَتِها؛ لذا عند الكتابة عن الكون، من الطبيعيّ أن تُحضِر القرّاء إلى المسرح، وما وراء الكواليس، ليرَوا عن كَثَبٍ بأنفسهم كيف تُحضّر المشاهد، وكيف تُكتَب السطور، وإلى أين ستجري الأحداث لاحقاً. يتمثّل هدفي دائماً وأبداً في إيصال نظرةٍ ثاقبةٍ لكيفيّة عمل الكون، وهو أمرٌ أصعب من مجرّد نقلٍ بسيطٍ للحقائق. ستصادفنا أوقات طوال الطريق -كما في أفضل العروض المسرحيّة- نبتسم فيها، وأُخرى نعبس عندما يدعونا الكون إلى ذلك، وفي أوقاتٍ أُخرى سنرتَعِدُ خوفاً أمامه أيضاً؛ لذلك أرى كتاب "الموت في ثقبٍ أسْود" بوابةً للقارئ إلى ما يثير حماستنا كلّه، وينوّرنا، ويرعبنا في هذا الكون.

نيل ديغراس تايسون





تمت ترجمة هذا الكتاب بمساعدة صندوق منحة معرض الشارقة الدولي للكتاب للترجمة والحقوق








ISBN 978-9933-641-33-7
9 789933 641337